



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 100 29 468 A 1

51 Int. Cl. 7:
H 01 M 8/06
H 01 M 8/24
H 01 M 8/02

21 Aktenzeichen: 100 29 468.5
22 Anmeldetag: 21. 6. 2000
43 Offenlegungstag: 12. 4. 2001

DE 100 29 468 A 1

30 Unionspriorität:

11-177033	23. 06. 1999	JP
11-191357	06. 07. 1999	JP
11-260306	14. 09. 1999	JP
11-270001	24. 09. 1999	JP
11-272857	27. 09. 1999	JP
11-280104	30. 09. 1999	JP

71 Anmelder:

Daihatsu Motor Co., Ltd., Ikeda, Osaka, JP

71 Vertreter:

König, Palgen, Schumacher, Kluin Patentanwälte,
45133 Essen

72 Erfinder:

Nakanishi, Haruyuki, Osaka, JP; Tanaka, Hirohisa,
Osaka, JP; Yamada, Koji, Osaka, JP; Abe, Masahiro,
Osaka, JP; Asazawa, Koichiro, Osaka, JP

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

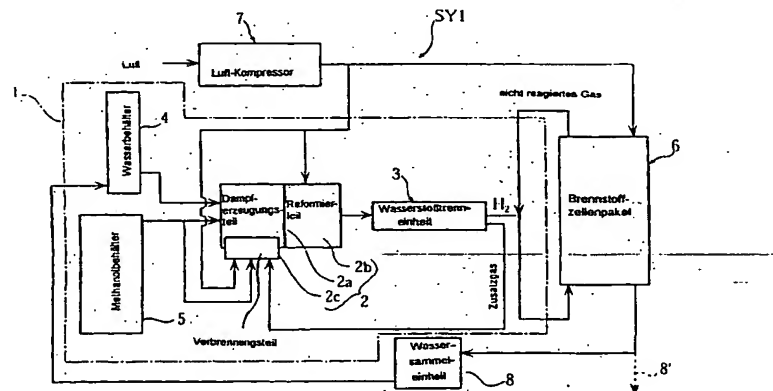
DE 199 20 517 C1
DE 198 27 879 C1
DE 197 38 573 C1
DE 197 34 634 C1
DE 44 23 587 C2
DE 35 37 527 C2
DE 199 07 796 A1
DE 198 17 534 A1
DE 198 04 286 A1
DE 196 46 486 A1
DE 69 017 87 1T2

JP Patent Abstracts of Japan:
62162601 A;
05082149 A;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Brennstoffzellensystem

57 Ein Brennstoffzellensystem (SY1) schließt eine Reformiereinheit (2) für die Produktion einer wasserstoffreichen Gasmischung durch Reformierung einer Wasserstoff enthaltenden Verbindung, ein Brennstoffzellenpaket (6) für die Erzeugung einer elektromotorischen Kraft durch eine Reaktion zwischen Wasserstoff und Sauerstoff ein. Das Brennstoffzellensystem (SY1) schließt weiterhin eine Wasserstofftrenneinheit (3), angeordnet zwischen der Reformiereinheit (2) und dem Brennstoffzellenpaket (6), ein. Die Wasserstofftrenneinheit (3) ist versehen mit wasserstoffdurchlässigen Mitteln zum Erhalt eines Brennstoffgases durch Trennung des Wasserstoffgases von der Gasmischung.



BEST AVAILABLE COPY

DE 100 29 468 A 1

Beschreibung

Brennstoffzellensystem

Hintergrund der Erfindung

1. Gebiet der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem für die Erzeugung von elektrischer Energie durch eine Reaktion zwischen einem wasserstoffreichen Brennstoffgas und einem Sauerstoffgas.

2. Beschreibung verwandten Standes der Technik

Wie es allgemein bekannt ist, werden Brennstoffzellen kontinuierlich mit einem Brennstoff (Wasserstoff) und einem Oxidationsmittel (Sauerstoff) von außerhalb der Brennstoffzelle versorgt, während Elektrizität erzeugt wird. Der Brennstoff wird zu einer Negativelektrodenseite zugeführt, wohingegen das Oxidationsmittel zu einer Positivelektroden-
 5 seite der Zelle zugeführt wird. Die Positivelektrode und die Negativelektrode sind voneinander durch ein elektrolytisches Element getrennt. Die Brennstoffzelle wandelt die durch eine Oxidation des zugeführten Brennstoffes erzeugte chemische Energie direkt in elektrische Energie um und dient als elektrische Energiequelle.

Ein Arbeitsprinzip der Brennstoffzellen ist wie folgt: Zuerst dissoziiert der zugeführte Wasserstoff als Negativelektrodenreaktionsmittel in Elektronen und Protonen. Um die Dissoziation zu fördern, wird beispielsweise Platin (Pt) als Katalysator verwendet. Nach der Dissoziation passieren die Protonen den Elektrolyten der Brennstoffzelle und reagieren mit dem zugefügten Wasserstoff (Positivelektrodenreaktionsmittel). Die Reaktion bringt Wasser hervor. Andererseits bewegen sich die von der Dissoziation resultierenden Elektroden von der negativen Elektrode zu der positiven Elektrode und generieren somit eine elektromotorische Kraft zwischen den zwei Elektroden.

Die Brennstoffzelle wandelt chemische Energie direkt in elektrische Energie um. Für dieses Verfahren kann eine höhere Umwandlungseffektivität erwartet werden, als für thermische Erzeugungsverfahren. Folglich kann die Brennstoffzelle wirkungsvoll, beispielsweise als Energiequelle für einen Antriebsmotor eines Elektroautos, verwendet werden. Ferner ist das Abgas der Brennstoffzelle hauptsächlich Wasserdampf, das nicht giftig ist, wie Kohlenmonoxid, das in Abgasen einer Verbrennungskraftmaschine enthalten ist.

Normalerweise arbeitet die Brennstoffzelle nicht von alleine als Quelle für die Elektrizitätsversorgung. Um eine Brennstoffzelle zu betreiben, müssen Mittel für die Zufuhr des Wasserstoffgases zu der Brennstoffzelle und andere periphere Geräte eingesetzt werden. Mit anderen Worten, die Brennstoffzelle ist Teil eines Brennstoffzellensystems, bestehend aus anderen peripheren Geräten und arbeitet innerhalb dieses Systems. Die Mittel für die Versorgung der Brennstoffzelle mit Wasserstoff können Mittel für eine Druckzufuhr von Wasserstoffgas aus Wasserstoffgas gefüllten Hochdruckbehälter oder Mittel für eine Druckzufuhr eines Wasserstoffgases, das durch Reformierung einer Wasserstoffgas enthaltenen Substanz erhalten wurde, sein. Die Verwendung des in einem Hochdruckbehälter gelagerten Wasserstoffgases kann das System verhältnismäßig vereinfachen und hat eine Anzahl von weiteren Vorteilen. Im Gegensatz hierzu wird für das Befüllen des Behälters mit Wasserstoff ein sehr hoher Druck und eine lange Zeit benötigt. Ein weiteres Problem ist, daß eine spezielle Infrastruktur, wie ein Netzwerk von Gasbefüllstationen, vorzuhalten ist.

Diese Probleme sind die größte Hürde ein Elektroauto, angetrieben durch eine Brennstoffzelle, in die Praxis umzusetzen.

Das vorgenannte Problem kann durch Zufuhr eines durch Reformierung einer wasserstoffreichen Verbindung (wie Methanol) erhaltenen Wasserstoffgases, gelöst werden. Allgemein bekannte Beispiele für dieses Verfahren beinhalten die Kontaktierung der Wasserstoff enthaltenden Verbindung mit Dampf und die Oxidierung eines Teils der Wasserstoff enthaltenden Verbindung. In diesen Verfahren hinterläßt die Reformierung der Wasserstoff enthaltenden Verbindung Kohlendioxid und Spuren von Kohlenmonoxidgas. Daher wird das gewünschte Wasserstoffgas nur als eine Gas-
 10 mischung, die diese Kohlendioxide und Kohlenmonoxidgase enthält, erhalten.

Wenn Platin als Katalysator für die negative Elektrode benutzt wird, ist das in der Gasmischung enthaltene Kohlenmonoxid in dem folgenden Punkt problematisch. Wie es allgemein bekannt ist, wird Platin durch Kohlenmonoxidgas vergiftet und verschlechtert nach und nach seine Aktivität. Dadurch wird die Lebenszeit des Platinkatalysators verkürzt, wenn das Wasserstoffgas als Gasmischung, die Kohlenmonoxidgase enthält, der Brennstoffzelle zugeführt wird.

Die Vergiftung des Platins kann durch Umwandlung des Kohlenmonoxidgases in der Gasmischung in Kohlendioxidgas und eine anschließende Zuführung dieses modifizierten Gasgemisches zu der Brennstoffzelle eliminiert werden. Im allgemeinen wird eine mehrstufige Umwandlungsmethode benutzt, in der das Kohlenmonoxid zuerst bei einer hohen Temperatur oxidiert wird und dann das verbleibende Kohlenmonoxidgas bei einer tiefen Temperatur oxidiert wird.

Jedoch verbraucht die Brennstoffzelle nicht das gesamte zugeführte Wasserstoffgas für die Erzeugung von Elektrizität. Ein Teil des Wasserstoffgases wird aus der Brennstoffzelle als nichtreagiertes Gas abgeführt. In Versuchen, dieses nichtreagierte Wasserstoffgas wirkungsvoll zu verwenden, werden üblicherweise Verfahren zur Rückführung der abgeführten Gasmischung (beinhalten das nichtreagierte Wasserstoffgas und das Kohlendioxidgas) von der Brennstoffzelle zurück in die Brennstoffzelle getestet. Jedoch ist die Konzentration des nichtreagierten Wasserstoffgases in der rückgeführten Gasmischung niedriger als in der ursprünglich der Brennstoffzelle zugeführten Gasmischung. Daher werden bei dem Verfahren zur Reformierung von Wasserstoff enthaltenden Verbindungen, in denen erhaltenes Wasserstoffgas von geringer Reinheit ist, durch eine wiederholte Rückführung der Gasmischung andere Gase als Wasserstoffgas (wie Kohlendioxid) angereichert und somit unnötig der Energieumwandlungswirkungsgrad vermindert.

Offenbarung der Erfindung

Die vorliegende Erfindung wird unter den vorbeschriebenen Umständen vorgeschlagen. Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, in einem Brennstoffzellensystem, das Elektrizität durch Benutzung einer von der Brennstoffzelle abgegebenen Gasmischung erzeugt, die Erniedrigung des Energieumwandlungswirkungsgrades des Brennstoffzellensystems insgesamt zu minimieren. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, ein für die Verwendung in den vorgenannten Brennstoffzellensystemen passendes Brennstoffzellenpaket zu schaffen.

Ein durch einen ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung zur Verfügung gestelltes Brennstoffzellensystem weist eine Reformiereinheit für die Produktion einer wasserstoffreichen Gasmischung durch Reformierung einer Wasserstoff enthaltenden Verbindung; eine Brennstoffzelle für die

Erzeugung einer elektromotorischen Kraft durch eine Reaktion zwischen Wasserstoff und Sauerstoff und ferner eine Wasserstofftrenneinheit, angeordnet zwischen der Reformiereinheit und der Brennstoffzelle, auf. Die Wasserstofftrenneinheit ist versehen mit wasserstoffdurchlässigen Mitteln, um ein Brennstoffgas durch Trennung von Wasserstoffgas von der Gasmischung zu erhalten.

Bevorzugterweise weist weiterhin das Brennstoffzellensystem Zirkulationsmittel für die Zufuhr von nichtreagiertem Gas, abgeführt von der Brennstoffzelle zu der Brennstoffzelle als Brennstoffgas, auf.

Die Wasserstoff enthaltene Verbindung ist eine von Ethanol, Methanol, Dimethylether, Propan und Erdgas.

Die wasserstoffdurchlässigen Mittel können einen Palladiumlegierungsfilm enthalten. Der Palladiumlegierungsfilm kann aus einer Legierung, die Palladium und mindestens ein Metall, ausgewählt aus Silber, Gold und Ruthenium, enthält, hergestellt sein.

Die wasserstoffdurchlässigen Mittel können feste hohle Hochpolymerfäden enthalten. Diese festen hohlen Hochpolymerfäden sind beispielsweise aus einem Polyimid hergestellt.

Die Reformiereinheit kann ein Dampferzeugungsteil für die Verdampfung von Wasser durch Erhitzung, ein Verbrennungsteil für das Erhitzen des Dampferzeugungsteils durch Verbrennung eines vorbestimmten Brennstoffes und einem Reformierteil für die Produktion der wasserstoffreichen Gasmischung durch Reaktion des von dem Dampferzeugungsteil erzeugten Dampfes mit der Wasserstoff enthaltene Verbindung einschließen. Die Gasmischung, von der Wasserstoff durch die Wasserstofftrenneinheit getrennt worden ist, kann durch das Verbrennungsteil als Brennstoff verwendet werden.

Das Brennstoffzellensystem kann ein Brennstoffzellenpaket, beinhaltend eine Brennstoffzelle und mindestens eine zusätzliche auf die Brennstoffzelle aufgeschichtete Brennstoffzelle, aufweisen.

Ein durch einen zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung bereitgestelltes Brennstoffzellensystem weist eine Vielzahl von Brennstoffzellenpaketen, von denen jedes eine Vielzahl von Brennstoffzellen in Aufeinandererschichtung enthält, Zufuhrmittel für die Zufuhr von Brennstoff und einem Oxidationsmittel zu jedem der Brennstoffzellenpakete und Betriebssteuermitteln für die Steuerung des Betriebes der Brennstoffzellenpakete auf. Die Brennstoffzellenpakete sind geteilt in eine Vielzahl von Gruppen, die mindestens erste und zweite Gruppen enthalten, und die Betriebssteuermittel sind eingerichtet, um die Brennstoffzellenpakete der ersten Gruppe, unabhängig von den Brennstoffzellenpaketen der zweiten Gruppe, zu betreiben und zu stoppen.

Bevorzugterweise sind die Betriebssteuermittel eingerichtet, um jedes der Vielzahl der Brennstoffzellenpakete unabhängig von den anderen Brennstoffzellenpaketen zu betreiben und zu stoppen.

Bevorzugterweise weist das Brennstoffzellensystem ferner eine Leitung für die Zufuhr des Brennstoffes zu jedem der Brennstoffzellenpakete und eine Vielzahl von an der Leitung vorgesehenen Ventilen auf. Die Ventile sind eingerichtet, um die Zufuhr des Brennstoffes zu den Brennstoffzellenpaketen zu starten und zu stoppen. Jedes der Ventile ist entsprechenderweise zu einer der Vielzahl von Gruppen zugeordnet.

Bevorzugterweise steuern die Betriebssteuermittel die Öffnen/Schließen-Betätigung der Vielzahl von Ventilen im Zusammenhang mit dem benötigten Betrag an Elektrizität.

Bevorzugterweise weist das Brennstoffzellensystem ferner Ausgangssteuermittel auf mit mindestens einem Paar von Ausgangsanschlüssen für den Bezug der Elektrizität

von den Brennstoffzellenpaketen und für Weiterleitung der Elektrizität zu einem externen Bauteil. Die Ausgangssteuermittel sind eingerichtet, um ein gegenseitiges Verbindungsmuster zwischen den Brennstoffzellenpaketen und ein Verbindungsmuster der Brennstoffzellenpakete zu den Ausgangsanschlüssen zu verändern.

Ein gemäß einem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung zur Verfügung gestelltes Automobil weist einen Antriebsmotor und ein Brennstoffzellensystem für die Versorgung des Antriebsmotors mit Elektrizität auf. Das Brennstoffzellensystem beinhaltet eine Vielzahl von Brennstoffzellenpaketen, von denen jedes eine Vielzahl von Brennstoffzellen in einer Aufeinandererschichtung enthält, Mittel für die Zufuhr von Brennstoff und einem Oxidationsmittel zu jedem der Brennstoffzellenpakete und Antriebssteuermittel für die Steuerung des Betriebes der Brennstoffzellenpakete. Die Brennstoffzellenpakete sind in eine Vielzahl von Gruppen geteilt, die zumindest eine erste und eine zweite Gruppe aufweisen. Die Antriebssteuermittel sind vorgesehen, um die Brennstoffzellenpakete der ersten Gruppe unabhängig von den Brennstoffzellenpaketen der zweiten Gruppe zu betreiben und zu stoppen.

Ein nach einem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung bereit gestelltes Brennstoffzellensystem weist eine Reformiereinheit für die Produktion einer wasserstoffreichen Brennstoffgasmischung durch Reformierung von Dimethylether und eine Brennstoffzelle, die mit Brennstoffgas und einem Sauerstoff enthaltene Gas versorgt wird, auf, wodurch eine Reaktion zwischen Wasserstoffgas und Sauerstoffgas bedingt wird, um elektrische Energie und Wasser zu erzeugen. Die Reformiereinheit beinhaltet ein Dampferzeugungsteil für die Verdampfung von Wasser und ein Brennstoffreformierteil für die Durchführung der Dampfreformierung des Dimethylethers. Der Dimethylether wird durch von dem Dampferzeugungsteil erzeugte Hitze erhitzt, bevor dieser in das Brennstoffreformierteil eingeführt wird. In dem Brennstoffreformierteil wird der Dimethylether in Wasserstoff und Kohlendioxid durch Dampf reformiert. Beispiele für in dem Brennstoffreformierteil angeordnete Katalysatoren für die Förderung der Reformierung beinhalten beispielsweise Cu getragen durch ein Oxid eines unedlen Metalls, ein Mischoxid (Komposite) beinhaltend eine oder mehrere von Cr, Mn, Fe, Ni, Cu und Zn und getragen auf einer hitzebeständigen Auflage.

Das Brennstoffzellensystem beinhaltet weiterhin ein thermisch leitendes hohles Element, das in dem Dampferzeugungsteil angeordnet ist. Der Dimethylether wird in das Brennstoffreformierteil über das hohle Element zugeführt.

Ein nach einem fünften Aspekt der vorliegenden Erfindung zur Verfügung gestelltes Brennstoffzellensystem weist eine Brennstoffzelle, eine Wasserstoffzufuhrquelle für die Zufuhr von Wasserstoffgas zu der Brennstoffzelle und eine Sauerstoff enthaltene Gaszufuhrquelle für die Zufuhr von Wasserstoff enthaltene Gas zu der Brennstoffzelle auf. Die Brennstoffzelle weist weiterhin Wasserentfernungsmittel für die absatzweise Unterstützung der Entfernung von in der Brennstoffzelle verbleibenden Wasser auf.

Vorzugsweise sind die Wasserentfernungsmittel ein elektromagnetisches Ventil, das zwischen der Wasserstoff enthaltene Gaszufuhrquelle und der Brennstoffzelle vorgesehen ist. Alternativerweise kann das Wasserentfernungsmittel eine pulsierende Pumpe sein, die zwischen der Sauerstoff enthaltene Gaszufuhrquelle und der Brennstoffzelle angeordnet ist. Alternativerweise kann das Wasserentfernungsmittel ein Ultraschallerzeuger sein.

Die Brennstoffzelle beinhaltet ein Negativelektrodenenteil, ein Positivelektrodenenteil, ein Elektrolytteil, angeordnet zwischen dem Negativelektrodenenteil und dem Positivelektro-

denteil, eine erste Platte, angeordnet angrenzend zu dem Negativelektrodenteil, und eine zweite Platte, angeordnet angrenzend an dem Positivelektrodenteil. Die erste Platte ist versehen mit einer Wasserstoffzufuhrnut für die Zufuhr von Wasserstoffgas zu dem Negativelektrodenteil. Die zweite Platte ist versehen mit einer Sauerstoffzufuhrnut für die Zufuhr von Sauerstoff enthaltenem Gas zu dem Positivelektrodenteil.

Jedes der Positivelektrodenteile und der Negativelektrodenteile kann eine Katalysatorschicht und einen Kollektor als getrenntes Mittel von der Katalysatorschicht enthalten. In diesem Fall ist die Katalysatorschicht beispielsweise ein poröses Element, das einen Katalysator trägt. Wenn das Elektrolytteil ein festes Element ist, kann die Katalysatorschicht durch direkte Anordnung des Katalysators auf der Oberfläche des Elektrolyten gebildet werden.

Jedes der Positivelektrodenteile und der Negativelektrodenteile kann eine Integration der Katalysatorschicht und des Kollektors sein.

Nach einem sechsten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren für die Entfernung von unnötigen, in der Brennstoffzelle, die mit einem Brennstoffgas und einem Sauerstoff enthaltenem Gas versorgt wird, enthaltenen Wassers zur Verfügung gestellt. Dieses Verfahren weist die Schritte der Zufuhr des Sauerstoff enthaltenen Gases in die Brennstoffzelle und den Schritt der absatzweisen Veränderung des Druckes des Sauerstoff enthaltenen Gases auf.

Bevorzugterweise wird der Druck des Sauerstoff enthaltenen Gases für einen kurzen Augenblick erhöht.

Nach einem siebenten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Entfernung von unnötigem Wasser, das in einer mit einem Brennstoffgas und einem Sauerstoff enthaltenem Gas versorgten Brennstoffzelle verbleibt, zur Verfügung gestellt. Diese Methode weist einen Schritt der Zufuhr des Sauerstoff enthaltenen Gases in die Brennstoffzelle und einen Schritt der Anwendung einer hochfrequenten Schwingung auf das verbleibende Wasser auf.

Eine nach einem achten Aspekt der vorliegenden Erfindung zur Verfügung gestellte Brennstoffzelle weist ein Negativelektrodenteil zum Aufspalten von Wasserstoffgas in Wasserstoffionen und Elektronen, ein Positivelektrodenteil für die Produktion von Wasser durch eine Reaktion der Wasserstoffionen, Elektronen und Wasserstoffgas; ein Elektrolytteil, angeordnet zwischen dem Negativelektrodenteil und dem Positivelektrodenteil in einer Weise, daß ein Durchtritt von Wasserstoffionen erlaubt wird; eine erste Platte, angeordnet angrenzend zu dem Negativelektrodenteil und versehen mit einer Wasserstoffzufuhrnut für die Zufuhr des Wasserstoffgases zu dem Negativelektrodenteil, und einer zweiten Platte auf, angeordnet angrenzend zu dem Positivelektrodenteil und versehen mit einer Wasserstoffzufuhrnut für die Zufuhr eines Sauerstoff enthaltenen Gases zu dem Positivelektrodenteil. Zumindest eine der Sauerstoffzufuhrnuten und der Wasserstoffzufuhrnuten ist gebildet mit einer Vielzahl von Vorsprüngen.

Bevorzugterweise sind die Vorsprünge versehen mit Schrägen für die Umlenkung des Stroms des zugeführten Gases zu dem Elektrolytteil.

Eine nach einem neunten Aspekt der vorliegenden Erfindung zur Verfügung gestellte Brennstoffzelle weist mindestens ein Elektrodenenteil, das eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche hat, ein Elektrolytteil, angrenzend zu der ersten Oberfläche, und eine Platte auf, angrenzend zu der zweiten Oberfläche und gebildet mit einer gaszuführenden Nut für die Zuführung des vorbestimmten Gases auf. Die Gaszufuhrnut ist versehen mit einer Flächenpressung zusichernden Mitteln für die Zusicherung einer Flächenpressung auf das Elektrodenenteil.

Bevorzugterweise ist die Platte versehen mit einer Durchgangsbohrung, die in Verbindung mit der Gaszufuhrnut steht. Die eine Flächenpressung zusichernden Teile sind nahe der Durchgangsöffnung angeordnet.

Die Oberflächendruck zusichernden Teile beinhalten ein Hohllement und das Hohllement hat eine Dicke, die im wesentlichen gleich zu der Tiefe der Gaszufuhrnut sind: Alternativerweise beinhalten die eine Flächenpressung zusichernden Mittel ein gasdurchlässiges poröses Element und das poröse Element hat eine Dicke, die im wesentlichen gleich zu der Tiefe der Gaszufuhrnut sind.

Die Gaszufuhrnut kann mit einem gestuften Teil für das Tragen der eine Flächenpressung zusichernden Mittel versehen sein.

Nach einem zehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein plattenartiges Trennelement, das in einem Brennstoffzellenpaket, das aufeinandergeschichtete Brennstoffzellen aufweist, zur Verfügung gestellt. Das Trennelement weist eine Durchgangsöffnung zum Erlauben einer Durchföhrung des zuzuföhrnden Gases, eine Gaszuföhrnut, die in Verbindung mit der Durchgangsöffnung steht und eine Flächenpressung zusicherndes Mittel, angeordnet in der Gaszuföhrnut auf. Die eine Flächenpressung zusichernden Mittel sind nahe der Durchgangsöffnung angeordnet.

Andere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden von der detaillierten Beschreibung klarer werden, die im Anschluß in Bezug auf die beigefügten Zeichnungen gemacht wird.

Kurze Beschreibung der beigefügten Zeichnungen:

Fig. 1 ist ein Blockdiagramm, das eine Ausführung eines Brennstoffzellensystems nach einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung umreißt,

Fig. 2A und 2B sind Diagramme, die eine Wasserstofftrenneinheit eines Brennstoffzellensystems zeigen,

Fig. 3A und 3B sind Diagramme, die ein weiteres Beispiel einer Wasserstofftrenneinheit, verwendet in dem Brennstoffzellensystem, darstellen,

Fig. 4 ist ein Diagramm, das eine Ausführung eines Brennstoffzellensystems nach einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung umreißt,

Fig. 5 bis 8 sind Diagramme, die elektrische Schaltungen eines Ausgangssteuerungsteils, verwendet in dem Brennstoffzellensystem nach einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, beschreiben,

Fig. 9 ist ein Diagramm, das ein Auto, angetrieben durch ein Brennstoffzellensystem nach dem zweiten Ausführungsbeispiel, umreißt,

Fig. 10 zeigt ein Variationsbeispiel eines Brennstoffzellensystems nach dem zweiten Ausführungsbeispiel,

Fig. 11 zeigt ein weiteres Variationsbeispiel eines Brennstoffzellensystems nach einer zweiten Ausführungsform,

Fig. 12A ist ein Diagramm, das eine Ausführung eines Brennstoffzellensystems nach einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindungen umreißt,

Fig. 12B ist ein Diagramm, das eine Ausführung eines Brennstoffzellensystems nach einem vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung umreißt,

Fig. 13 ist eine perspektivische Ansicht auf ein Brennstoffzellenpaket, das in einem Brennstoffzellensystem nach der vorliegenden Erfindung verwendet wird,

Fig. 14 ist eine Explosionsansicht eines Brennstoffzellenpakets,

Fig. 15 ist eine Teilansicht eines ersten Teils eines Brennstoffzellenpakets,

Fig. 16 ist ein Diagramm, das ein eine Flächenpressung zusicherndes Element zeigt, das in einem Brennstoffzellenpaket verwendet wird,

Fig. 17 ist ein Diagramm, das ein durch die Abwesenheit

von einem eine Flächenpressung zusicherndem Element hervorgerufenen Problem zeigt,

Fig. 18 ist eine Seitenansicht, die ein weiteres Anordnungsbeispiel der eine Flächenpressung zusichernden Elemente zeigt,

Fig. 19 ist eine Seitenansicht, die ein weiteres Anordnungsbeispiel der eine Flächenpressung zusichernden Elemente zeigt,

Fig. 20 ist eine perspektivische Ansicht, die ein weiteres Beispiel der eine Flächenpressung zusichernden Elemente zeigt, die in einem Brennstoffzellenpaket verwendet werden,

Fig. 21 ist eine perspektivische Ansicht, die noch ein weiteres Beispiel von einer Flächenpressung zusichernden Elementen zeigt, die in einem Brennstoffzellenpaket verwendet werden,

Fig. 22 und 23 sind Ansichten, die noch ein weiteres Beispiel von einer Flächenpressung zusichernden Elementen zeigen, die in einem Brennstoffzellenpaket verwendet werden,

Fig. 24 ist eine Seitenansicht, die ein weiteres Beispiel eines Brennstoffzellenpakets zeigt, das in einem Brennstoffzellensystem nach der vorliegenden Erfindung verwendet wird,

Fig. 25 ist eine Teilansicht eines Ersteils des Brennstoffzellenpakets gemäß Fig. 24,

Fig. 26 ist eine Explosionsansicht des Brennstoffzellenpakets von Fig. 24,

Fig. 27 und 28 sind Diagramme, die Vorsprünge zeigen, die in einer Gaszufuhrnut des Brennstoffzellenpaketes in Fig. 24 vorgesehen sind,

Fig. 29 ist ein Diagramm, das ein Verfahren für den Abzug von nicht notwendigen Wasser zeigt, das sich innerhalb des Brennstoffzellenpakets aufstaut,

Fig. 30 ist ein Diagramm, das eine Variation des Druckes der zu dem in Fig. 29 gezeigten Brennstoffzellenpaket zugeführten Luft zeigt,

Fig. 31 ist ein Diagramm, das ein weiteres Verfahren für die Entfernung des nicht notwendigen und sich innerhalb des Brennstoffzellenpakets aufstauenden Wassers zeigt und

Fig. 32 ist ein Diagramm, das noch ein weiteres Verfahren für die Entfernung des nicht notwendigen Wassers, das sich innerhalb des Brennstoffzellenpakets aufstaut, zeigt.

Ausführliche Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele

Nachfolgend werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung im besonderen mit Bezug zu den beigefügten Zeichnungen beschrieben.

Als erstes wird Bezug auf Fig. 1 genommen. Diese Figur ist ein Blockdiagramm, das ein Brennstoffzellensystem SY1 nach einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

Das dargestellte System umfaßt eine Wasserstoffgaszufuhrquelle 1. Die Wasserstoffgaszufuhrquelle 1 beinhaltet im wesentlichen eine Reformiereinheit 2, eine Wasserstofftrenneinheit 3, einen Wasserbehälter 4 und einen Methanolbehälter 5. Zusätzlich zu der Wasserstoffgaszufuhrquelle 1 besteht das System SY1 weiterhin aus einem Brennstoffzellenpaket 6, einem Luftkompressor 7 und einer Wassersammereinheit 8.

Die Reformiereinheit 2 der Wasserstoffgaszufuhrquelle 1 ist vorgesehen, um Methanol (eine Wasserstoff enthaltende Verbindung), zugeführt von dem Methanolbehälter 5, in eine wasserstoffreiche Gasmischung zu reformieren. Hierfür ist die Reformiereinheit 2 mit einem Dampferzeugungsteil 2a, einem Reformierteil 2b und einem Verbrennungsteil

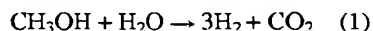
2 ausgestattet.

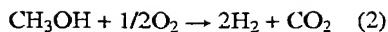
Nach dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel wird Methanol als die Wasserstoff beinhaltenende Verbindung verwendet. Jedoch soll dies nicht die vorliegende Erfindung beschränken. Im besonderen kann die Wasserstoff enthaltende Verbindung eine organische Verbindung oder eine anorganische Verbindung sein. Beispiele einer geeignet verwendbaren organischen Verbindung beinhalten Kohlenwasserstoffe, sowohl Erdgas als auch Benzin, die in erster Linie aus Kohlenwasserstoffen bestehen. Andere Beispiele von organischen Verbindungen sind Derivate, die von Kohlenwasserstoffen durch Substitution von einigen Wasserstoffatomen durch Funktionsgruppen (wie Sauerstofffunktionsgruppen, Stickstofffunktionsgruppen und Schwefelfunktionsgruppen) abstammen. Alkohole, Phenole, Aldehyde, Carbonsäuren, Ketone, Ether usw. sind Derivate, die durch Substitution mit einer Sauerstofffunktionsgruppe abstammen. Derivate, abstammend von Substitution mit einer Stickstofffunktionsgruppe, beinhalten Nitroverbindungen und Aminderivate. Derivate, die durch Substitution mit einer Schwefelfunktionsgruppe abstammen, beinhalten Thioalkohol, Sulfosäure usw. Andererseits können für anorganische Verbindungen Kohlensäure, Ammoniak und Hydrazin verwendet werden. Unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades des gesamten Systems werden bevorzugt Verbindungen verwendet, die mit einer relativ geringen Energie (geringer Temperatur) reformierbar sind. Andere Anforderungen beinhalten einen hohen Grad an Sicherheit, gute zuverlässige Versorgung in einem industriellen Maßstab und Einfachheit in der Handhabung. Aus diesen Gründen sind Methanol, Dimethylether, Propan, Methan und Erdgas geeignet als Stoffe für die Reformierung.

Das Dampferzeugungsteil 2a der Reformiereinheit 2 wird versorgt mit Wasser und Methanol von dem Wasserbehälter 4 bzw. dem Methanolbehälter 5. Das zugeführte Wasser und Methanol werden durch das Verbrennungsteil 2c erhitzt. Folglich wandelt sich das Wasser in Dampf um, wohingegen das Methanol auf eine für die Reformierung passende Temperatur erhitzt wird. Das Verbrennungsteil 2c ist mit einem Brenner oder einem Verbrennungskatalysator versehen, der eine Verbrennung des Methanols, zugeführt von dem Methanolbehälter 5, und der Luft, zugeführt von dem Luftkompressor 7 in das Verbrennungsteil 2c, bedingt. Weiterhin wird das Verbrennungsteil 2c mit einem Zusatzgas (wird später beschrieben) von der Wasserstofftrenneinheit 3 versorgt. Das Zusatzgas wird auch für die Verbrennung in dem Verbrennungsteil 2c verwendet.

Der aus dem Dampferzeugungsteil 2a erhaltene Dampf wird zusammen mit dem Methanol erhitzt und durch das Verbrennungsteil 2c dem Reformierteil 2b zugeführt. Das Reformierteil 2b wird ferner mit Luft von dem Luftkompressor 7 versorgt. Das Reformierteil 2b nimmt einen geeigneten Katalysator auf, (wie einem Cu-Zn-Katalysator oder einem Pt-Katalysator), der von einem Metallnetz, einer Wabenauflage oder dergleichen getragen ist. Unter Förderung durch den Katalysator wird das Methanol reformiert und Wasserstoffgas wird erhalten. Im besonderen, wie in den folgenden Reaktionsformeln (1) und (2) gezeigt, setzt eine Reaktion zwischen dem Methanol und dem Dampf (Dampf-reformierungsreaktion) und eine Reaktion (Teiloxida-tionsreaktion) zwischen dem Methanol und der Luft (sauerstoff-enthaltendes Gas) das Wasserstoffgas ein.

Es ist hier zu erwähnen, daß von diesen beiden Reaktionen die Reaktion verkörpert durch die Formel (1) die Reaktion dominiert.





Wie sich aus den obigen Reaktionsformeln (1) und (2) klar ergibt, hinterlassen sowohl die Dampfreformierungsreaktion als auch die Teiloxidationsreaktion Kohlendioxid zusätzlich zu dem Kohlenwasserstoffgas. Ferner werden die Reaktionen auch Kohlenmonoxid zurücklassen, wenn die Oxidation nicht ausreichend ist. Weiterhin wird nicht alles von dem zugeführten Methanol reformiert. Folglich gibt das Reformierteil 2b eine wasserstoffreiche Gasmischung ab, die Kohlendioxid, Kohlenmonoxid und Methanol enthält.

Die Gasmischung wird der Wasserstofftrenneinheit 3 zugeführt. Die Wasserstofftrenneinheit 3 ist mit wasserstoffdurchgängigen Mitteln versehen. Daher kann ein Brennstoffgas mit Wasserstoff in einem extrem hohen Konzentrationsgehalt erhalten werden. Beispiele für die wasserstoffdurchgängigen Mittel beinhalten einen wasserstoffdurchlässigen Film, getragen auf einem porösen Element, geformt in eine Spirale, und ein Rohr, versehen mit einer Vielzahl von rohrförmigen Filmen oder einem Bündel von hohlen Fäden. Der wasserstoffdurchlässige Film ist verfügbar als ein Produkt, hergestellt aus einem Metall, das eine hohe Kapazität zum Wasserstoffeinschluß hat oder als ein Produkt, hergestellt aus einem Polymerstoff. Hier beinhalten Beispiele für Metalle, die eine hohe Kapazität haben Wasserstoff einzuschließen, Palladium und Palladiumlegierungen. Die Palladiumlegierungen umfassen eine Vielzahl von allgemein bekannten Zusammensetzungen mit Beispielen, von Legierungen, die Palladium (Pd) und mindestens ein Metall, ausgewählt von der Metallgruppe aus Silber (Ag), Gold (Au) und Ruthenium (Ru) aufweisen. Im besonderen können eine Pd-Ag-Legierung, eine Pd-Ag-Au-Legierung, eine Pd-Ag-Au-Ru-Legierung usw. in geeigneter Weise verwendet werden. Bevorzugterweise sollte die Pd-Ag-Legierung 20 bis 30 Gew.-% von Silber enthalten. Die Pd-Ag-Au-Legierung sollte 20 bis 30 Gew.-% von Silber und 5 bis 10 Gew.-% von Gold bevorzugterweise enthalten, wohingegen die Pd-Ag-Au-Ru-Legierung 20 bis 30 Gew.-% von Silber, 5 bis 10 Gew.-% von Gold und 1 bis 5 Gew.-% von Ruthenium bevorzugterweise enthalten sollte.

Der hochpolymere wasserstoffdurchlässige Film muß eine hohe Wasserstoffpermeabilität und eine hohe Wasserstofftrennbarkeit aufweisen und daher aus einem steifen amorphen Polymer, das eine hohe Einfriertemperatur (glas-transition-temperature) und eine hohe dimensionale (3-dimensionale) Struktur aufweist, die Lücken hat, die selektiv die Passage von Molekülen und Atomen von der Größe eines Wasserstoffmoleküls erlauben. Beispiele für geeignete Materialien sind Zelluloseacetat, Polysulfone, Polyimide und Polyamide, wobei Polyimide von besonderer Bevorzugung sind. Wenn dort zwischen den beiden Seiten des hochpolymeren wasserstoffdurchlässigen Films eine Druckdifferenz besteht, wird nur den Wasserstoffmolekülen selektiv erlaubt, den Film zu durchdringen, und werden dadurch getrennt.

Für jedes der metall- und hochpolymerwasserstoffdurchlässigen Filme kann die Form des Films ein flacher Film, ein hohler Faden oder röhrenförmig sein.

Fig. 2A und 2B zeigen ein Ausführungsbeispiel einer Wasserstofftrenneinheit 3, die einen Palladiumlegierungsfilm benutzt. Andererseits zeigen die Fig. 3A und Fig. 3B ein Ausführungsbeispiel einer Wasserstofftrenneinheit 3, die einen festen Hochpolymerfilm aus hohlen Fäden benutzt.

In der Wasserstofftrenneinheit 3, gezeigt in Fig. 2A, beherbergt ein erstes Rohr 3a ein zweites Rohr 3b. Das zweite Rohr 3b beherbergt eine Vielzahl von Palladiumlegierungsrohren 3c. Das erste Rohr 3a ist versehen mit einer Zufuhr-

öffnung 3d für die Zufuhr der Gasmischung. Das zweite Rohr 3b ist versehen mit einer ersten Auslaßöffnung 3e zum Austritt des Zusatzgases. Jedes der Palladiumlegierungsrohre 3c hat ein geschlossenes Ende, wohingegen das andere Ende zu einem Kammerraum 3f offen ist. Der Kammerraum 3f ist versehen mit einer zweiten Auslaßöffnung 3g für den Austritt des Wasserstoffgases.

Mit der obigen Anordnung wird die von der Zufuhröffnung 3d zugeführte Gasmischung in das zweite Rohr 3b eingeführt. Dann erreicht nur das Wasserstoffgas in der Gasmischung das Innere der Palladiumlegierungsrohre 3c, wohingegen die anderen Gaskomponenten als Zusatzgas von der ersten Auslaßöffnung 3a des zweiten Rohres 3b abgezogen wird.

Wie in Fig. 2b gezeigt, adsorbieren die Wasserstoffmoleküle an einer Oberfläche der Palladiumlegierungsrohre 3c. Dann dissoziieren die Wasserstoffmoleküle in zwei Wasserstoffatome. Jedes der Wasserstoffatome gibt ein Elektron an das Palladiumlegierungsrohr 3c ab, um ein Wasserstoffion (H^+) zu werden. Das Wasserstoffion wandert durch den Palladiumlegierungsfilm und erreicht das Innere des Palladiumlegierungsrohres 3c, wo ein niedriger Wasserstoffpartialdruck herrscht. Dann erhält das Wasserstoffion ein Elektron von dem Palladiumlegierungsrohr 3c, um ein Wasserstoffatom zu werden und paart sich mit einem weiteren Wasserstoffatom, um ein Wasserstoffmolekül zu bilden. Anschließend wird das Wasserstoffmolekül von der zweiten Auslaßöffnung 3g (Fig. 2A) abgezogen. Andererseits können die anderen Komponenten wie Kohlenmonoxid und Kohlendioxid nicht durch den Palladiumlegierungsfilm hindurchwandern und werden daher von der ersten Auslaßöffnung 3e abgezogen.

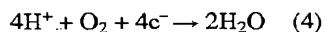
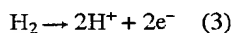
In der Wasserstofftrenneinheit 3, gezeigt in Fig. 3A, beherbergt ein Rohr 3h eine Vielzahl von hohlen Polyimidfäden 3i. Das Rohr 3h ist versehen mit einer Zufuhröffnung 3j für die Zufuhr der Gasmischung, einer ersten Auslaßöffnung 3k für den Abzug des Zusatzgases und einer zweiten Auslaßöffnung 3l für den Abzug des Wasserstoffgases. Jedes der hohlen Polyimidfäden 3i hat ein geschlossenes Ende, wohingegen das andere Ende zu einem Kammerraum 3m geöffnet ist. Der Kammerraum 3m steht in Verbindung mit der zweiten Auslaßöffnung 3l.

Mit der obigen Anordnung, wie sich klar aus Fig. 3A ergibt, erreicht die Wasserstoffgasmischung, zugeführt von der Zufuhröffnung 3j, das Innere des Rohres 3h, wo jede Komponente der Gasmischung die hohlen Polyimidfäden 3i kontaktiert. Jedoch die Komponenten, die eine größere Molekülgröße haben, wie Kohlenmonoxid und Kohlendioxid, können nicht durch die hohlen Polyimidfäden 3i durchwandern und werden als Zusatzgas von der ersten Auslaßöffnung 3k des Rohres 3h abgezogen. Wie es klar von der Fig. 3B ist, wandern die Wasserstoffmoleküle, die die hohlen Polyimidfäden 3i kontaktieren, durch die hohlen Polyimidfäden 3i aufgrund der kleineren Molekülgröße und erreichen dort das Innere der hohlen Polyimidfäden 3i. Das wie oben beschrieben, selektiv getrennte Wasserstoffgas wird dann von der zweiten Auslaßöffnung 3l abgezogen.

Wie beschrieben worden ist, können durch Benutzung der Wasserstofftrenneinheit 3, gezeigt in der Fig. 2A oder der Fig. 3A, nur Wasserstoffmoleküle effektiv aus der Gasmischung getrennt werden. In anderen Worten wird es möglich, die Wasserstoffgasreinheit des Brennstoffgases, erhalten durch die Wasserstofftrenneinheit 3, auf einen extrem hohen Wert zu steigern. Das derartig erhaltene Brennstoffgas wird dann dem Brennstoffzellenpaket 6 zugeführt, wohingegen das Zusatzgas dem Verbrennungsteil 2c der Reformiereinheit 2 zugeführt wird.

Das Brennstoffzellenpaket, das detailliert später beschrieben

ben wird, besteht aus einer Vielzahl von Brennstoffzellen, die schichtweise aneinander in Reihe gefügt sind. Jede der Brennstoffzellen hat einen positiven Elektroden teil, einen negativen Elektroden teil und einen Elektrolyt teil. Der negative Elektroden teil wird versorgt mit dem Brennstoffgas von der Wasserstofftrenneinheit 3. Der positive Elektroden teil wird versorgt mit Luft von dem Kompressor 7. An dem negativen Elektroden teil wird das Wasserstoffgas in dem Brennstoffgas dissoziiert in Wasserstoffionen und Elektronen, wie in der Reaktionsformel (3) gezeigt. Andererseits reagiert an dem positiven Elektroden teil wie in der Reaktionsformel (4) gezeigt, Sauerstoffgas in der Luft mit Elektroden und den Wasserstoffionen, die durch den Elektrolyt teil kommen, um Wasser zu produzieren.



An dem negativen Elektroden teil produziert Wasser wird zu der Wassersammeleinheit 8 zusammen mit von dem Brennstoffzellenpaket abgezogener Luft geführt und dann in dem Wasserbehälter 4 gelagert. Es ist hier zu bemerken, daß die Wassersammeleinheit 8 nicht erforderlich wird, wenn der Wasserbehälter 4 ausgebildet ist, um rechtzeitig mit Wasser aufgefüllt zu werden. In solch einem Fall, wie mit dem Pfeil (durchbrochene Linie) 8' in Fig. 1 gezeigt, kann das Wasser, produziert an dem negativen Elektroden teil, in die Atmosphäre zusammen mit der von dem Brennstoffzellenpaket 6 abgezogenen Luft abgeführt werden.

Wie zuvor beschrieben, ist die Wasserstoffgasreinheit des zu dem Brennstoffzellenpaket zugeführten Brennstoffgases, außerordentlich hoch. Daher enthält das Gas, abgezogen von dem Brennstoffzellenpaket 6, auch einen großen Betrag von nichtreagiertem Wasserstoffgas. Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel, wie in Fig. 1 gezeigt, wird das von der Brennstoffzelle 6 abgezogene Gas zu dem Brennstoffzellenpaket zugeführt. Hierdurch wird es möglich, nichtreagiertes Wasserstoffgas in dem Brennstoffzellenpaket 6 zu verwenden. Zurückführungsmittel für diesen Zweck sind in dem Brennstoffzellensystem SY1 vorgesehen. Die Rückführungsmittel beinhalten Rohre und andere Bauteile, die einen Rückkehrweg für das nichtreagierte und von dem Brennstoffzellenpaket 6 abgezogene Gas bilden, um zurück in das Brennstoffzellenpaket 6 zu gelangen. Hierdurch wird es möglich, das nichtreagierte Wasserstoffgas effektiv zu benutzen.

Nach dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist die Reinheit des Brennstoffgases, das dem Brennstoffzellenpaket 6 zugefügt wird, sehr hoch. Daher kann das abgezogene Gas von dem Brennstoffzellenpaket 6 in dem Brennstoffzellenpaket 6 wieder verwendet werden, ohne daß Probleme bedingt werden und daß möglich gemacht wird, vorteilhafterweise die Brennstoffgasverwendungseffektivität und insbesondere den Energieumwandlungswirkungsgrad des Wasserstoffgases zu steigern.

Des weiteren kann das Problem vergifteter Katalysatoren in dem Brennstoffzellenpaket entsprechend vermieden werden, da das Brennstoffzellenpaket 6 mit einem Brennstoffgas, das einen hohen Grad an Wasserstoffgasreinheit aufweist, versorgt wird.

Nachfolgend wird Bezug genommen zu den Fig. 4 bis 6. Diese Figuren zeigen ein Brennstoffzellensystem SY2 nach einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Dieses Brennstoffzellensystem SY2 unterscheidet sich von dem Brennstoffzellensystem SY1 (in Fig. 1) in der Bereitstellung einer Vielzahl von Brennstoffzellenpaketen 9.

Zusätzlich zu den Brennstoffzellenpaketen 9 weist das Brennstoffzellensystem SY2 hauptsächlich eine Wasserstoffgaszufuhrquelle 10, eine Wasserstoffgaszufuhrleitung 11, eine Wasserstoffgassammelleitung 12, eine Luftzufuhrleitung 13, eine Luftsammelleitung 14, eine Vielzahl von Ventilen, ein Betriebssteuerungsteil 16 und ein Ausgangssteuerungsteil 17 auf. Ähnlich zu dem ersten Ausführungsbeispiel ist die Wasserstoffgaszufuhrquelle 10 versehen mit einem Gerät zur Trennung von Wasserstoffgas von einer Wasserstoff enthaltenden Verbindung. Jedoch abweichend von dem ersten Ausführungsbeispiel benutzt das zweite Ausführungsbeispiel nicht das Verfahren der Sammlung des abgezogenen Wassers von jeder der Brennstoffzellenpakete 6, um die Wasserstoffgaszufuhrquelle 10 zu versorgen. Es ist anzumerken, daß anstatt der Einheit für die Trennung des Wasserstoffgases von der Wasserstoff enthaltenden Verbindung die Wasserstoffgaszufuhrquelle 10 einen Hochdruckbehälter, gefüllt mit Hochdruckwasserstoffgas, einen Hochdruckbehälter, gefüllt mit verflüssigtem Wasserstoff oder eine Wasserstoff einschließende Legierung, die einen Betrag von Wasserstoff aufnimmt, enthalten kann. Die Wasserstoffgaszufuhrleitung 11 ist vorgesehen, um Wasserstoffgas von der Wasserstoffzufuhrquelle 10 zu jedem Brennstoffzellenpaket 9 (insgesamt 16 Brennstoffzellenpakete) zu führen. Wie in Fig. 4 dargestellt, hat die Wasserstoffgaszufuhrleitung 11 eine Vielzahl von Zweigleitungen 11a, die jeweils mit einem der Brennstoffzellenpakete 9 verbunden sind. Die Wasserstoffgaszufuhrquelle 10 und jeder der Zweigleitungen 11a sind durch ein Hauptrohr verbunden, das mit einem Ventil 18 versehen ist. Das Ventil 18 ist beispielsweise ein fernsteuerbares Elektromagnetventil, das durch das Betriebssteuerungsteil 16 gesteuert wird, um die Zufuhr von Wasserstoffgas zu den Brennstoffzellenpaketen 9 zu stoppen und das Wasserstoffgas von innerhalb der Wasserstoffgaszufuhrleitung 11 in die Atmosphäre abzulassen. Das Ventil 18 ist günstig für eine Notabschaltung des Betriebes eines jeden Brennstoffzellenpakets 9, falls diese erforderlich sein sollte. Die Wasserstoffgassammelleitung 12 dient zum Sammeln von nichtreagiertem Wasserstoffgas, das von jedem der Brennstoffzellenpakete 9 abgezogen wird, und dem Wasserstoffgas stammt, das ursprünglichweise jedem der Brennstoffzellenpakete 9 zugeführt worden ist. Die Wasserstoffgassammelleitung 12 ist derart ausgebildet, daß das gesammelte Wasserstoffgas für eine Wiederbenutzung zu der Wasserstoffgaszufuhrquelle 10 zurückgeführt werden kann.

Jedes der Ventile 15 ist einer der Zweigleitungen 11a der Wasserstoffgassammelleitung 11 zugeordnet. Diese Ventile 15 sind wie das Ventil 18 fernsteuerbare Elektromagnetventile. Wie später beschrieben wird, kann jedes Ventil 15 unabhängig von den anderen Ventilen 15 geöffnet/geschlossen werden. Jedes der Brennstoffzellenpakete 9 ist nur betriebsbereit, wenn das entsprechende Ventil 15 geöffnet und Wasserstoffgas zugeführt wird. Obwohl nicht in den Zeichnungen dargestellt, ist jede der Zweigleitungen 11a mit einem separaten Durchflußsteuerungsventil für die Steuerung der Menge von Wasserstoffgas, das dem Brennstoffzellenpaket 9 zugeführt wird, versehen.

Die Luftzufuhrleitung 13 dient für die Zufuhr von Luft von dem Luftkompressor oder einem Gebläse zu jedem der Brennstoffzellenpakete 9 und hat Zweigleitungen ähnlich zu denen der Wasserstoffgaszufuhrleitung 11. Die Luftzufuhrleitung 13 ist auch mit einem zu dem Ventil 18 vergleichbarem Ventil 19 versehen. Das Ventil 19, das durch das Betriebssteuerungsteil 16 gesteuert wird, macht es möglich, Luft von innerhalb der Luftzufuhrleitung 13 nach außen abzuführen. Weiterhin bevorzugterweise ist, wie bei der Wasserstoffgaszufuhrleitung 11, jede der Zweigleitungen der Luftzufuhrleitung 13 auch mit einem Durchflußsteuerungs-

ventil versehen, das fähig ist, die Menge von Luft zu steuern, die dem entsprechenden Brennstoffzellenpaket 9 zugefügt wird. Die Luftsammelleitung 14 dient zum Sammeln der Luft, die von jedem der Brennstoffzellenpakete 9 stammt. Die durch die Luftsammelleitung 13 gesammelte Luft wird beispielsweise in die Atmosphäre abgeleitet.

Das Betriebssteuerungsteil 16 steuert das Öffnen/Schließen der Vielzahl von Ventilen 15, wodurch der Betrieb von jedem Brennstoffzellenpaket 9 gesteuert wird. Das Betriebssteuerungsteil 16 öffnet/schließt die Vielzahl von Ventilen 15 in Antwort auf Steuerbefehle, die von einem externen Bauteil übermittelt werden. Das Betriebssteuerungsteil 16 kann arithmetische Rechenmittel enthalten, die mit einem Zentralrechner und einem hiermit verbundenen Speicher versehen sind. In einem derartigen Fall wird es möglich, in Verbindung mit einem vorbestimmten Programm, arithmetisch zu bestimmen, welches der Ventile 15 geöffnet/geschlossen werden sollte.

Nach der vorliegenden Erfindung kann das Betriebssteuerungsteil 16 mit der Fähigkeit versehen werden, eine Spannung zwischen den Elektroden von jedem Brennstoffzellenpaket 9 anzuzeigen. Mit dieser Einrichtung wird es möglich, zu bestimmen, ob oder ob nicht die Brennstoffzellenpakete 9 einwandfrei arbeiten. Im besonderen, wenn ein Schaden in einem Brennstoffzellenpaket 9 hervorgerufen wird, wird dieses Brennstoffzellenpaket 9 betriebsunfähig, auch wenn Wasserstoffgas zugeführt wird. Das Betriebssteuerungsteil 16 kann einen derartigen Fall kennen und bedient das entsprechende Ventil 15, wodurch die Zufuhr von Wasserstoff zu diesem besonderen Brennstoffzellenpaket 9 gestoppt wird. Dies macht es möglich, zweckmäßigerweise Situationen zu verhindern, in denen Wasserstoffgas beispielsweise von einem beschädigten Brennstoffzellenpaket 9 entweicht. Das Ausgangssteuerungsteil 17 hat eine Vielzahl von Ausgangsanschlußpaaren 17a, 17b. Die durch die Brennstoffzellenpaket erzeugte Elektrizität wird zu dem Ausgangssteuerungsteil 17 gesandt und dann von den Ausgangsanschlüssen 17a, 17b ausgegeben. Nach der vorliegenden Erfindung kann das Ausgangssteuerungsteil 17 nur ein Paar von Ausgangsanschlüssen 17a, 17b haben.

Fig. 5 zeigt einen Teil eines elektrischen Schaltkreises des Ausgangssteuerungsteils 17. Für ein einfacheres Verständnis zeigt die Figur einen elektrischen Schaltkreis, bezogen auf nur vier Brennstoffzellenpakete 9 (9a bis 9d). In der dargestellten elektrischen Schaltung 20 ist jede positive Elektrode 9p der Brennstoffzellenpakete 9a bis 9d mit dem Ausgangsanschluß 17a verbunden, wohingegen jede negative Elektrode 9n mit dem Ausgangsanschluß 17b verbunden ist. Ein Schalter S1 ist zwischen dem negativen Anschluß 9n des Brennstoffzellenpakets 9a und der negativen Elektrode 9n des Brennstoffzellenpakets 9b vorgesehen. Gleichermaßen ist ein Schalter S2 zwischen der negativen Elektrode 9n des Brennstoffzellenpakets 9b und der negativen Elektrode 9n des Brennstoffzellenpakets 9c vorgesehen und ein Schalter S3 ist zwischen der negativen Elektrode 9n des Brennstoffzellenpakets 9c und der negativen Elektrode 9n des Brennstoffzellenpakets 9d vorgesehen. Ferner sind Schalter S5, S7 und S9 zwischen dem Ausgangsanschluß 17a und der jeweiligen positiven Elektrode 9p der Brennstoffzellenpakete 9b bis 9d vorgesehen. Weiterhin kann jede der positiven Elektroden 9p der Brennstoffzellenpakete 9b bis 9d mit dem negativen Ausgangsanschluß 17b über den entsprechenden der Schalter S4, S6 und S8 verbunden werden.

Mit der elektrischen Schaltung 20 gemäß der obigen Ausführung, wie gezeigt in Fig. 5, können die vier Brennstoffzellenpakete 9a bis 9d parallel zu den Paaren der Ausgangsanschlüsse 17a, 17b verbunden werden, wenn die Schalter S1, S2, S3, S5, S7 und S9 angeschaltet sind, wohingegen die

Schalter S4, S6 und S8 ausgeschaltet sind. Im Gegenteil können wie in Fig. 6 dargestellt, die vier Brennstoffzellenpakete 9a bis 9d in Serie zu den Paaren von Ausgangsanschlüssen 17a, 17b verbunden werden, wenn die Schalter S1, S2, S3, S5, S7 und S9 ausgeschaltet sind, wohingegen die Schalter S4, S6 und S8 angeschaltet sind.

Ferner ist, wie in Fig. 7 gezeigt, wenn die Schalter S1, S2 und S3 angeschaltet und die anderen Schalter S4 bis S9 ausgeschaltet sind, nur das Brennstoffzellenpaket 9a mit den Ausgangsanschlüssen 17a, 17b verbunden. Wie in Fig. 8 gezeigt, wenn die Schalter S2, S3 und S4 angeschaltet und die anderen Schalter S1 und S5 bis S9 ausgeschaltet sind, nur zwei Brennstoffzellenpakete 9a, 9b mit den Ausgangsanschlüssen 17a, 17b verbunden.

Es ist einfach zu verstehen, daß gemäß dieser elektrischen Schaltung 20 es auch möglich ist, nur drei Brennstoffzellenpakete 9 mit den Ausgangsanschlüssen 17a, 17b durch Betätigung der Schalter S1 bis S9 zu verbinden. Die obengenannten Schaltungsaktivitäten werden ausgeführt unter der Steuerung des Betriebssteuerungsteils 16. Selbstverständlich können die Ein/Aus-Betätigungen der Schalter S1 bis S9 auch durch andere Steuerungsbauteile, die getrennt von dem Betriebssteuerungsteil 16 vorgesehen werden, erfolgen.

In dem Betriebssteuerungsteil 16 ist die elektrische Schaltung 20 in der zuvor beschriebenen Ausführung auch entsprechend für die anderen zwölf Brennstoffzellenpakete 9 vorgesehen. Folglich kann eine gewünschte Anzahl von Brennstoffzellenpaketen 9 von den insgesamt sechzehn parallel miteinander verbunden werden, wobei die generierte Elektrizität über die Ausgangsanschlüsse 17a, 17b abgegeben wird. Alternativweise kann eine gewünschte Anzahl von Brennstoffzellenpaketen 9 in Serie miteinander verbunden werden, wobei die generierte Elektrizität über die Ausgangsanschlüsse 17a, 17b ausgegeben wird.

Als nächstes wird die Funktion des Brennstoffzellensystems SY2 mit der obigen Ausführung beschrieben.

In Bezug auf Fig. 4 wird jetzt die Annahme getroffen, daß alle Ventile 15 offen sind. In diesem Fall wird jeder der Brennstoffzellenpakete 9 mit Wasserstoffgas versorgt. Zu der gleichen Zeit wird jeder der Brennstoffzellenpakete 9 mit Luft von der Luftzufuhrleitung 13 versorgt. Dies erlaubt allen Brennstoffzellenpaketen 9 zu arbeiten. Jedes der Brennstoffzellenpakete 9 liefert Elektrizität zu dem Ausgangssteuerungsteil 17 und die Elektrizität wird zu einem externen Bauteil von den vielen Paaren von Ausgangsanschlüssen 17a, 17b des Ausgangssteuerungsteils 17 geführt. In diesem Fall erlaubt die elektrische Schaltung des Ausgangssteuerungsteils 17 jedwede Auswahl zwischen dem Zustand, in dem eine Vielzahl von Brennstoffzellenpaketen 9 parallel miteinander verbunden sind (Fig. 5) und dem Zustand, in dem eine Vielzahl von Brennstoffzellenpaketen 9 in Serie miteinander verbunden sind (Fig. 6). Die Spannung an den Ausgangsanschlüssen 17a, 17b ist größer in dem letzteren Zustand als in dem vorherigen Zustand. Dies bedeutet, daß selbst, wenn alle der Brennstoffzellenpakete 9 in Betrieb sind, der an den Ausgangsanschlüssen 17a, 17b ausgegebene Spannungswert der Elektrizität durch Wechseln der gegenseitigen Verbindung von Serienschaltung zu Parallelschaltung oder umgekehrt gewechselt werden kann.

Wenn das externe Bauteil, das mit den Ausgangsanschlüssen 17a, 17b verbunden ist, keinen großen Betrag von Elektrizität benötigt, dann wird beispielsweise das Ventil 15 zugehörig zu dem Brennstoffzellenpaket 9 wie in Fig. 7 gezeigt, geöffnet, wohingegen die Ventile 15 zugehörig zu den anderen Brennstoffzellenpaketen 9b bis 9d geschlossen werden. In diesem Fall ist nur das Brennstoffzellenpaket 9a in Betrieb. Die anderen Brennstoffzellenpakete 9b bis 9d sind

nicht in Betrieb, weil die Zufuhr von Wasserstoffgas gestoppt ist und daher die chemische Reaktion aufhört. In dieser Situation kann die Zufuhr von Luft zu jedem Brennstoffzellenpaket fortgesetzt werden. Wenn, wie zuvor beschrieben, nur das Brennstoffzellenpaket 9a betrieben wird, sollte die elektrische Schaltung 20 des Ausgangssteuerungsteils 17 zu dem in Fig. 7 gezeigten Muster geschaltet werden.

Ferner kann das Brennstoffzellensystem SY2 auch in der folgenden Weise verwendet werden: Beispielsweise sind, wie in Fig. 8 gezeigt, die Ventile 15, die den zwei Brennstoffzellenpaketen 9a und 9b zugeordnet sind, offen, wohingegen die Ventile 15, die den anderen beiden Brennstoffzellenpaketen 9c, 9d zugeordnet sind, geschlossen. In diesem Betriebszustand können die zwei Brennstoffzellenpakete 9a, 9b in Betrieb sein, wohingegen die anderen zwei Brennstoffzellenpakete 9c, 9d nicht in Betrieb sind. In diesem Fall wird die elektrische Schaltung 20 des Ausgangssteuerungsteils 17 in das in Fig. 8 gezeigte Muster geschaltet. Mit diesem Schaltungsmuster, da die beiden Brennstoffzellenpakete 9a, 9b in Serie miteinander verbunden sind, ist der an den Ausgangsanschlüssen 17a, 17b ausgegebene Spannungswert doppelt so groß wie der Spannungswert, der von in Fig. 7 gezeigten Schaltungsmuster erhalten wird.

Noch eine weitere Betriebsweise, die von den vorgenannten Beispielen abweicht, ist, daß drei Brennstoffzellenpakete 9a bis 9c in serieller Verbindung mit den Ausgangsanschlüssen 17a, 17b arbeiten. In diesem Fall ist der Spannungswert, der an den Ausgangsanschlüssen 17a, 17b ausgegeben wird, das Dreifache des Spannungsbetrages, der durch das Schaltungsmuster gezeigt in Fig. 7 erhalten wird.

Wie der vorhergehenden Beschreibung entnehmbar ist, können nach der zweiten Ausführungsform des Brennstoffzellensystems SY2 sechzehn Brennstoffzellenpakete durch selektives Öffnen und Schließen der Vielzahl von Ventilen 15 selektiv betrieben werden. Daher ist es möglich geworden, zweckmäßig mit dem Fall umzugehen, wenn ein großer Betrag von Elektrizität benötigt wird. Zusätzlich, wenn kein Bedarf für einen großen Betrag von Elektrizität besteht, kann nur eine zweckmäßige Anzahl von Brennstoffzellenpaketen 9 betrieben werden, wodurch ein nutzloser Betrieb von Brennstoffzellenpaketen 9 vermieden wird. Dadurch kann eine effektive Elektrizitätsversorgung, die den Bedürfnissen entspricht, erreicht werden. Ferner kann nach dem Brennstoffzellensystem SY2 der Spannungsbetrag der Elektrizität, die an den Ausgangsanschlüssen 17a, 17b ausgegeben wird, zeitweise gewechselt werden durch Wechseln der Anzahl der Brennstoffzellenpakete 9 im Betrieb und durch Schalten der elektrischen Schaltung des Ausgangsteils 17. Daher kann das externe Bauteil leicht und vorteilhaft mit einem genauen Spannungsbetrag oder nahe dem geforderten Spannungsbetrag versorgt werden.

Fig. 9 ist ein Blockdiagramm, das einen groben Aufbau eines Elektroautos, angetrieben durch das vorgenannte Brennstoffzellensystem SY2, zeigt.

Das in Fig. 9 gezeigte Elektroauto B weist zusätzlich zu dem Brennstoffzellensystem SY2 einen Elektromotor M zum Antreiben der Antriebsräder W, einen Antriebsmotorsteuerungsteil 21, einen Hauptsteuerungsteil 22, einen Gaspedalbetätigungssensor 23, einen Bremspedalbetätigungssensor 24 und elektrische Bauteile 25 auf.

Der Motor M ist ein Gleichstrommotor. Der Antriebsmotorsteuerungsteil 21 ist versehen mit einer elektrischen Schaltung für die Steuerung (beispielsweise einer Zerkkersteuerung) der Spannung, die an den Motor M angelegt wird, basierend auf Befehlen von dem Hauptsteuerungsteil 22. Der Antriebsmotorsteuerungsteil 21 wird versorgt mit Elektrizität, die, wie die Elektrizität für den Antrieb des Motors, von dem Ausgangssteuerungsteil 17 des Brennstoffzel-

lensystems SY2 ausgegeben wird. Die elektrischen Bauteile 25 umfassen solche Bauteile wie eine Vielzahl von Leuchten, einen Scheibenwischermotor und einen Kompressor für eine Klimaanlage. Diese elektrischen Bauteile 15 werden auch mit Elektrizität von dem Ausgangssteuerungsteil 17 des Brennstoffzellensystems SY2 versorgt. Der Betrag von Elektrizität, der von den elektrischen Bauteilen 25 benötigt wird, wird überwacht durch das Hauptsteuerungsteil 22.

Das Hauptsteuerungsteil 22 steuert das Antriebssteuerungsteil 16 des Brennstoffzellensystems SY2 und das Antriebsmotorsteuerungsteil 21. Das Hauptsteuerungsteil 22 berechnet die für den Antrieb des Motors M benötigte Spannung als Antwort auf Signale, die von dem Gaspedalbetätigungssensor 23 und dem Bremspedalbetätigungssensor 24 gesendet werden. Ferner sendet das Hauptsteuerungsteil 22 Befehle zu dem Antriebssteuerungsteil 16 und dem Ausgangssteuerungsteil 17, so daß der Betrag von Elektrizität, der notwendig ist, um die berechnete Spannung zu erreichen, von dem Brennstoffzellensystem SY2 dem Antriebsmotorsteuerungsteil 21 zugeführt wird. Auch sendet ferner das Hauptsteuerungsteil 22 Steuerungsbefehle zu dem Antriebssteuerungsteil 16 und dem Ausgangssteuerungsteil 17, so daß der Betrag an Elektrizität, der für die elektrischen Bauteile 25 notwendig ist, passend von dem Brennstoffzellensystem SY2 den elektrischen Bauteilen 25 zugeführt wird. Im Zusammenhang mit diesen Steuerbefehlen führt das Antriebssteuerungsteil 16 die öffnenden/schließenden Betätigungen der Ventile 15 durch, die der notwendigen Anzahl von Brennstoffzellenpaketen 9 erlaubt zu arbeiten. Gleichermaßen wechselt das Ausgangssteuerungsteil 17 nach den Steuerbefehlen die Schaltungsmuster der elektrischen Verbindung zwischen der Gesamtheit der sechzehn Brennstoffzellenpakete 9.

Ein Teil der sechzehn Brennstoffzellenpakete 9 dient als Energiequelle für den Antrieb des Motors M, wohingegen der Rest der Brennstoffzellenpakete 9 als Energiequelle für die elektrischen Bauteile 25 dient. Dort ist kein oder nur ein geringer Bedarf, die Spannung der Elektrizität, die zu den elektrischen Komponenten 25 geführt wird, zu variieren. Daher können die Brennstoffzellenpakete 9, die als Energiequelle für die elektrischen Bauteile 25 verwendet werden, permanent in Serie mit den Ausgangsanschlüssen 17a, 17b des Ausgangssteuerungsteils 17 verbunden werden.

In dem Elektroauto B der vorherigen Ausführung, werden, wenn der Betrag der Betätigung des Gaspedals groß ist (nicht dargestellt), alle oder die meisten der Brennstoffzellenpakete 9, die sich dem Antrieb des Motors widmen, unter der Steuerung des Hauptsteuerungsteils 22 und des Antriebssteuerungsteils 16, gesteuert, um eine hohe Spannung von Elektrizität von dem Ausgangssteuerungsteil 17 dem Antriebsmotorsteuerungsteil 21 zuführen. Daher kann die Spannung, die von dem Antriebsmotorsteuerungsteil 21 zu dem Motor M geführt wird, erhöht werden, wodurch möglich wird, das Drehmoment des Motors M entsprechend zu steigern.

Wenn der Betrag der Gaspedalbetätigung gering ist oder wenn der Betrag der Bremspedalbetätigung groß ist, wird nur eine kleine Anzahl von Brennstoffzellenpaketen 9, die sich dem Antrieb des Motors widmen, betrieben und eine Niederspannungselektrizität wird von dem Ausgangssteuerungsteil 17 dem Antriebsmotorsteuerungsteil 21 zugeführt. In diesem Fall kann die Spannung, die von dem Antriebsmotorsteuerungsteil 21 zu dem Motor M zugeführt wird, erniedrigt werden, wodurch es möglich wird, auch entsprechend das Drehmoment des Motors M zu erniedrigen.

Andererseits werden, wenn die elektrischen Bauteile 25 einen großen Betrag von Elektrizität benötigen, alle oder die meisten der Brennstoffzellenpakete 9, die sich den elektri-

schen Bauteilen widmen, unter der Steuerung des Hauptsteuerungssteils 22 und des Antriebssteuerungssteils 16 betrieben. Im Gegenteil wird, wenn der Betrag der benötigten Elektrizität gering ist; die Anzahl der betriebenen Brennstoffzellenpakete 9 vermindert.

Wie in Verbindung mit dem Elektroauto B beschrieben worden ist, können beide, der Motor M für den Antrieb des Autos und die elektrischen Bauteile 25 mit Elektrizität einer benötigten Spannung oder einem benötigten Betrag von dem Brennstoffzellensystem SY2 versorgt werden. Ferner kann durch Eliminierung von unnötigem Betrieb der Brennstoffzellenpakete 9 eine effektive Elektrizitätsversorgung erreicht werden.

Fig. 10 zeigt ein Abwandlungsbeispiel des in Fig. 4 gezeigten Brennstoffzellensystems SY2. In der dargestellten Anordnung sind die Brennstoffzellenpakete 9 geteilt in eine Vielzahl von Gruppen, die jeweils zwei Brennstoffzellenpakete 9 beinhalten. Jede Gruppe ist mit einem Ventil 15 versehen. Gemäß dieser Ausführung kann durch Öffnen oder Schließen eines Ventils 15 die Zufuhr von Wasserstoffgas zu den entsprechenden beiden Brennstoffzellenpaketen 9 simultan gestartet oder gestoppt werden. Es ist überflüssig zu sagen, daß entsprechend der vorliegenden Erfindung die Brennstoffzellenpakete 9 so geteilt werden können, daß jede der Gruppen drei Brennstoffzellenpakete 9 enthält.

Fig. 11 zeigt eine Anordnung, in der die Brennstoffzellenpakete 9 in zwei Gruppen N1, N2 geteilt sind. Auch mit dieser Ausführung ist es möglich, Elektrizität in Verbindung mit dem gewünschten Betrag zuzuführen durch Schalten zwischen einem Zustand, in dem alle der Brennstoffzellenpakete 9 in Betrieb sind und einem Zustand, in dem nur die Brennstoffzellenpakete 9 in einer der beiden Gruppen N1, N2 in Betrieb sind. In dem zweiten zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel (s. Fig. 4) ist die Leitung 13 für die Zufuhr von Luft zu den Brennstoffzellenpaketen 9 nur mit einem Ventil versehen. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht hierauf begrenzt und die Leitung 13 kann mit einer Vielzahl von Ventilen versehen werden. In diesem Fall kann, wenn die Wasserstoffgaszufuhr zu den Brennstoffzellenpaketen 9 gestoppt wird, auch die Zufuhr von Luft gleichzeitig gestoppt werden. Ferner ist es entsprechend der vorliegenden Erfindung auch möglich, die Brennstoffzellenpakete 9 durch Weiterführung der Zufuhr von Wasserstoffgas zu den Brennstoffzellenpaketen 9 und Steuerung der Zufuhr von Luft zu den Brennstoffzellenpaketen 9 zu betreiben und zu stoppen.

Als nächstes wird auf die Fig. 12A Bezug genommen. Diese Figur zeigt ein Brennstoffzellensystem SY3 nach einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Wie das Brennstoffzellensystem SY1 (Fig. 1) nach dem ersten Ausführungsbeispiel, ist das Brennstoffzellensystem SY3 mit einem Brennstoffzellenpaket 26 versehen. Zusätzlich hierzu weist das Brennstoffzellensystem SY3 ferner eine Wasserstoffgaszufuhrquelle 27, einen Kompressor 28 und einen Befeuchter 29 auf.

Die Wasserstoffgaszufuhrquelle 27 beinhaltet eine Dimethyletherzufuhrquelle 30, eine Reformiereinheit 31 und eine CO Oxidiereinheit 35. Die Dimethyletherzufuhrquelle 30 ist versehen mit Druckbehältern 30a, die beispielsweise aus Aluminium hergestellt sind. Jeder der Druckbehälter 30a ist gefüllt mit unter Druck verflüssigtem Dimethylether (DME). Der Druck ist etwa 5 atm (507 kPa). Durch die Verflüssigung kann ein größerer Betrag von Dimethylether vorteilhafterweise gelagert und transportiert werden.

Die Reformiereinheit 31 ist eine Einheit zum Herstellen von Wasserstoffgas durch eine Reaktion des Dimethylethers. Für diesen Zweck beinhaltet die Reformiereinheit 31 ein Vergasungsteil 32, ein Dampferzeugungsteil 33 und ein

Brennstoffreformierteil 34.

Das Vergasungsteil 32 vergast den von der Dimethyletherzufuhrquelle 30 zugeführten Dimethylether. Das Vergasungsteil 32 beinhaltet einen Behälter 32a und ein darin eingehautes Wärmeaustauscherrohr 32b. Der Behälter 32a wird passiert von Abgas (wärmer als Raumtemperatur) von dem Brennstoffzellenpaket 26. Das Wärmeaustauscherrohr 32b steht in Verbindung mit der Dimethyletherzufuhrquelle 30. Wie bereits zuvor erwähnt, ist der Dimethylether in dem Druckbehälter 30a unter Druck in verflüssigtem Zustand enthalten. Jedoch muß der Dimethylether, wenn der Dimethylether reformiert wird, vergast und auf eine angemessene Temperatur für die Reformierung erhitzt werden. Der Dimethylether von der Dimethyletherzufuhrquelle 30 strömt zu dem Vergasungsteil 31 aufgrund der Differenz zwischen dem Druck in dem Druckbehälter 30a und in dem Wärmeaustauscherrohr 32b. Mit einer Druckerniedrigung verdampft ein Teil des Dimethylethers. Der Dimethylether, der das Wärmeaustauscherrohr 32b erreicht, absorbiert die Wärme von der Umgebung (das Gas innerhalb des Behälters 32a), wenn das Wärmeaustauscherrohr 32b passiert wird. Dies vergast den Dimethylether. Andererseits erniedrigt sich die Temperatur des Gases, welches seine Wärme an den Dimethylether abgegeben hat, wodurch Wasserdampf erlaubt wird, zu kondensieren. Folglich wird Wasser in einem unteren Teil des Behälters 32a produziert und das Wasser wird in einem Wasserbehälter 36 gelagert.

Das Dampferzeugungsteil 33 generiert Dampf durch Erhitzen von Wasser aus dem Wasserbehälter 36. Das Dampferzeugungsteil 33 beinhaltet einen Behälter 33a, Temperaturerhöhungsrohre 33b und ein Thermoelement TC1. Der Behälter 33a ist beladen mit einem Katalysator, der die Verbrennung von Wasserstoff fördert; und einem weiteren Katalysator, der die Verbrennung von Dimethylether fördert. Das Temperaturerhöhungsrohr 33b steht in Verbindung mit dem Wärmeaustauscherrohr 32a des Vergasungsteils 32. Das Thermoelement TC1 überwacht die Temperaturen in dem Temperaturerhöhungsrohr 33b und in dem Behälter 33a. Beispiele für Katalysatoren für die Förderung der Verbrennung von Wasserstoff und Dimethylether beinhalten Edelmetalle wie Pt, die direkt von einer Monolithauflage getragen werden, und diese getragen von der Monolithauflage mit einer Katalysatorauflage. Weitere Beispiele für Katalysatoren von unterschiedlicher Herkunft beinhalten Oxide eines unedlen Metalls und ein Kompositoxid wie Perowskite, gebildet in einer zweckmäßigen Form.

Der Dampferzeugungsteil 33 wird ferner durch einen Kompressor 28 versorgt mit Luft (Sauerstoff). Weiterhin wird das Dampferzeugungsteil 33 versorgt mit einem Teil des Ausgangsmaterials Dimethylether, gesammelt zwischen dem Wärmeaustauscherrohren 32b und den Temperaturerhöhungsrohren 31b und wird ferner versorgt mit nichtreagiertem Gas (nichtreagiertem Wasserstoffgas), das nicht in dem Brennstoffzellenpaket 26 benutzt wurde. Der Dimethylether, gesammelt zwischen dem Wärmeaustauscherrohr 32b und dem Temperaturerhöhungsrohr 31b, wird über Steuermittel 37a dem Dampferzeugungsteil 33 zugeführt. Die Steuermittel 37a arbeiten mit dem Thermoelement TC1.

In dem Dampferzeugungsteil 33 wird Wasser verdampft, durch Verbrennungsoxidation des Wasserstoffes oder durch Erhöhung der Temperatur in dem Behälter 3a durch Verbrennungsoxidation des gesammelten Ausgangsmaterials Dimethylether.

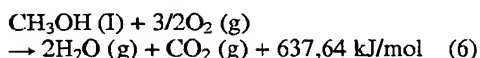
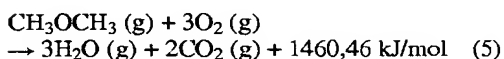
Während einer unmittelbar auf den Systemstart folgenden bestimmten Zeitdauer ist es schwierig, die Zufuhr von nichtreagiertem Gas von dem Brennstoffzellenpaket 26 zu dem Dampferzeugungsteil 33 zu stabilisieren. Daher wird, durch Verbrennung des über die Steuermittel 37 zugeführten Aus-

gangsmaterials Dimethylether, Wasser in Dampf umgewandelt. Wenn das nichtreagierte Gas stabil zugeführt werden kann, wird das nichtreagierte Gas zu dem Dampferzeugungsteil 33 zugeführt und verbrannt, um das Wasser in Dampf zu verwandeln.

Nach dem in Fig. 12A gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Steuermittel 37b fähig, zwischen dem Status Luftzufuhr Ein und dem Status Luftzufuhr Aus auszuwählen. Die Steuermittel 37b arbeiten mit dem Thermoelement TC1.

Wenn das Thermoelement erkennt, daß die Temperatur innerhalb des Dampferzeugungsteils 33 nicht tiefer als ein vorbestimmter Wert ist, sind die Steuermittel 37a und die Steuermittel 37b in Betrieb, um den Betrag von Ausgangsmaterial Dimethylether und der Luft, die dem Dampferzeugungsteil 33 zugeführt wird, zu erniedrigen. Dies verringert die Verbrennungsoxidationsreaktion in dem Dampferzeugungsteil 33 und verhindert, daß die Temperatur in dem Dampferzeugungsteil 33 übermäßig hoch wird. Im Gegenteil wird, wenn die Temperatur innerhalb des Dampferzeugungsteils 33 unter einen vorbestimmten Wert abgesunken ist, die Verbrennungsoxidationsreaktion gefördert durch Erhöhung des Betrages des Rohmaterials Dimethylether und der Luft, die dem Dampferzeugungsteil 33 zugeführt wird. Mit dieser Ausführung wird es möglich, den erzeugten Dampf in dem Dampferzeugungsteil 33 zu stabilisieren sowie auch zweckmäßigerweise eine Überhitzung in dem Dampferzeugungsteil 33 zu verhindern. Die Steuermittel 37a, 37b können durch eine Verschiedenheit von Durchflußsteuermitteln beispielsweise Verteilventile gebildet werden.

Nach dem in Fig. 12A gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Brennstoff zum Erhalt des Wasserstoffgases Dimethylether. Die Verwendung von Dimethylether ist vorteilhafter als die Verwendung von Methanol aus den folgenden Gründen: Im besonderen ist die Verbrennungsoxidation von Dimethylether (vollständige Oxidationsreaktion) darstellbar durch die Reaktionsformel (5), wobei die vollständige Oxidationsreaktion von Methanol durch die Reaktionsformel (6) dargestellt ist:



Wie sich klar aus diesen Reaktionsformeln ergibt, generiert Dimethylether in der Verbrennungsoxidation mehr als die zweifache der thermischen Energie als Methanol je Masseneinheit der Substanz. Mit anderen Worten, wenn Dimethylether als Brennstoff für die Erhitzung, Temperaturerhöhungen usw. verwendet wird, ist die Menge von Dimethylether, die benötigt wird, geringer als die Hälfte der Menge von Methanol, die notwendig ist, um die äquivalente thermische Energie zu erhalten. Folglich ist der Verlust von Ausgangsmaterial, wenn das nichtreagierte Gas nicht ausreichend dem Dampferzeugungsteil 33 zugeführt werden kann (d. h. wenn es notwendig ist, einen Teil des Reformationsausgangsmaterials zu verbrennen) geringer, wenn Dimethylether als Reformierungsausgangsmaterial verwendet wird, als wenn Methanol als Reformierungsausgangsmaterial verwendet wird.

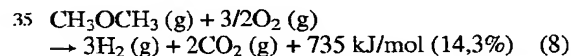
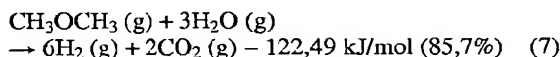
Der in dem Dampferzeugungsteil 33 generierte Dampf und das Ausgangsmaterial Dimethylether, das die Temperaturerhöhungsrohre 33b passiert hat, werden zu dem Brennstoffreformierungsteil 34 über jeweilige getrennte Kanäle gesendet. Da das Temperaturerhöhungsrohr 33b in dem Dampferzeugungsteil 33 enthalten ist, wird der Dimethylether durch Hitze in dem Behälter 33a erhitzt, wenn dieser

durch die Temperaturerhöhungsrohre 33b geführt wird.

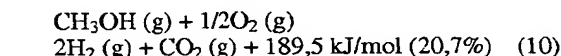
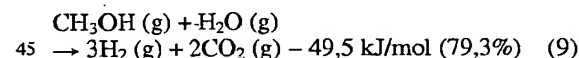
Der Brennstoffreformierungsteil 34 produziert Wasserstoffgas durch eine Reaktion zwischen dem Dimethylether und dem Dampf, der von dem Dampferzeugungsteil 33 zuströmt. Um diese Reaktion zu fördern, ist das Brennstoffreformierungsteil 34 innerhalb mit einem Katalysator beladen. Beispiele für diesen Katalysator sind Cu-Zn-Katalysatoren und Ni-Katalysatoren. Der von diesen ausgewählte Katalysator ist auf einer Tragaufgabe wie einem Metallnetz, einer Wabenaufgabe usw. beschichtet oder getragen durch eine Auflage wie Pellets und in den Behälter geladen.

Wie in Fig. 12A gezeigt, wird das Brennstoffreformierungsteil 34 mit einem Thermoelement TC2 versehen. Weiterhin werden die Steuermittel 37c zwischen dem Brennstoffreformierungsteil 34 und dem Kompressor 28 vorgesehen. Die Steuermittel 37c arbeiten mit dem Thermoelement TC2. Die Temperatur in dem Brennstoffreformierungsteil 34 wird durch das Thermoelement TC2 erkannt und die Steuermittel 37c arbeiten auf der Basis der erkannten Temperatur. Mit dieser Ausführung kann der Betrag von Luft, die dem Brennstoffreformierungsteil 34 zugeführt wird, in Abhängigkeit von der Temperatur in dem Brennstoffreformierungsteil 34 gesteuert werden.

In dem Brennstoffreformierungsteil 34 tritt eine Reaktion zwischen dem Dimethylether und dem Dampf (Dampfreformierungsreaktion) dargestellt durch die folgende Reaktionsformel (7) auf. Weiter mit dieser Hauptreaktion tritt eine weitere Reaktion (Partialoxidationsreaktion) zwischen Dimethylether und Sauerstoffgas dargestellt durch die folgende Formel (8) auch auf. Diese Reaktionen produzieren Wasserstoffgas:



Andererseits wird, wenn Methanol als Ausgangsmaterial verwendet wird, Wasserstoffgas durch die folgende Dampfreformierungsreaktion dargestellt durch die Reaktionsformel (9) und eine Partialoxidationsreaktion dargestellt durch die Reaktionsformel (10) produziert:



Wie durch einen Vergleich zwischen der Verwendung von Methanol und Dimethylether als Reformierungsausgangsmaterial klar wird, hat Dimethylether den Vorteil einer Produktion eines größeren Betrages von Wasserstoff je Masseneinheit der Substanz.

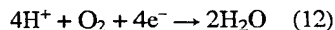
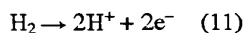
Wie sich klar aus den obigen Reaktionsformeln (7) und (8) ergibt, wird von der Dampfreformierungsreaktion und auch von der Partialoxidationsreaktion Kohlendioxid zusätzlich zu dem Wasserstoffgas hinterlassen. Ferner werden diese Reaktionen auch Kohlenmonoxid hinterlassen, wenn die Oxidation nicht vollständig ist. Folglich bringt das Brennstoffreformierungsteil 34 ein wasserstoffreiches Gas hervor, das das zugeführte Dimethylether, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid enthält. Das Brennstoffgas wird in die CO-Oxidationseinheit 35 eingeführt.

Die CO-Oxidationseinheit 35 oxidiert das Kohlenmonoxid in Kohlendioxid. Für diesen Zweck ist die CO-Oxidationseinheit 35 beladen mit einem oder mehreren Arten von Katalysatoren ausgewählt aus z. B. Pt, Pd, Ru und Rh Katalysatoren.

Die von diesen ausgewählten Katalysatoren, werden getragen durch eine Tragauflage wie einem Metallnetz, Aluminumpellets usw. und in den Behälter geladen. Eine später zu beschreibende Brennstoffzelle benutzt eine Reaktion zwischen Wasserstoffgas und Sauerstoffgas unter Anwesenheit von Platin als Katalysator. Wie es allgemein bekannt ist, vergiftet Kohlenmonoxid Platin. Daher sollte die Konzentration von Kohlenmonoxid in dem Brennstoffgas, das der Brennstoffzelle zugeführt wird, so niedrig wie möglich sein. Folglich wird in dem in Fig. 12 A gezeigten Ausführungsbeispiel die Kohlenmonoxidkonzentration durch die CO-Oxidiereinheit 35 reduziert, in der Kohlenmonoxid zu Kohlendioxid oxidiert wird. Das so erhaltene Brennstoffgas wird dann in ein Brennstoffzellenpaket 26 eingeführt.

Obwohl es nicht in der Fig. 12A dargestellt ist, besteht das Brennstoffzellenpaket 26 aus einer Vielzahl von Brennstoffzellen, die in Reihen geschichtet sind. Jede der Brennstoffzellen hat eine positive Elektrode, eine negative Elektrode und einen Elektrolytteil. Die negative Elektrode wird mit Brennstoffgas von der CO-Oxidiereinheit 35 versorgt; Die positive Elektrode wird mit Luft von dem Kompressor 28 versorgt. Die Luft wird durch einen Befeuchter 29 befeuchtet, bevor sie zu dem Brennstoffzellenpaket 26 zugeführt wird. Die Befeuchtung wird durchgeführt unter Verwendung von Wasser, das in dem Wasserbehälter 36 gespeichert ist.

An der negativen Elektrode von jeder Brennstoffzelle wird das Wasserstoffgas in dem Brennstoffgas dissoziiert in Wasserstoffionen und Elektronen wie in der Reaktionsformel (11) gezeigt. Andererseits reagiert an der positiven Elektrode jeder Brennstoffzelle wie in der folgenden Reaktionsformel (12) gezeigt Wasserstoffgas in der Luft mit den Elektronen und den Wasserstoffionen, die durch das Elektrolytteil kommen, um Wasser zu produzieren.



Das produzierte Wasser wird zu dem Vergasungsteil 32 der Reformiereinheit 31 zusammen mit Luft, die aus dem Brennstoffzellenpaket 26 austritt, geführt und dann für die Vergasung des Ausgangsmaterials Dimethylether benutzt. Ferner wird nichtreagiertes Gas, das nicht in dem Brennstoffzellenpaket 26 verwendet wurde, zu dem Dampferzeugungsteil 31 für die Verbrennungsoxidation zugeführt.

Nach der vorliegenden Erfindung als die Wasserstoff enthaltende Verbindung und in dem Brennstoffzellensystem SY3 verwendeter Dimethylether kann ersetzt werden durch Ethanol. Fig. 12B ist ein Diagramm, das einen groben Aufbau eines Brennstoffzellensystems SY4 zeigt, das Ethanol als die Wasserstoff enthaltende Verbindung verwendet. Das Brennstoffzellensystem SY4 weist ein Brennstoffzellenpaket 26', eine Reformiereinheit 31' und eine CO-Oxidiereinheit 35' auf.

Die Reformiereinheit 31' beinhaltet ein Heizgerät 31a' zum Erhitzen des Inneren der Reformiereinheit 31' auf eine Temperatur zweckmäßig für die Reformierung von Ethanol. Weiter beinhaltet die Reformiereinheit 31' eine Reformierkammer 31b'. Die Reformierkammer 31b' ist beladen mit einem Katalysator für die Reformierung des Ethanol. Wie in Fig. 12B gezeigt, wird die Reformierkammer 31b' versorgt mit Ethanol und Wasser. Dieses Ethanol und Wasser wird durch das Heizgerät 31a' erhitzt. Unter der Anwesenheit eines aktiven Katalysators reagiert dieses erhitzte Ethanol und Wasser miteinander, wodurch Kohlenmonoxid und Wasserstoff produziert wird. Es ist hier anzumerken, dass ein Teil des Ethanol dem Heizgerät 31a' als Brennstoff für den Be-

trieb des Heizgeräts 31a' zugeführt wird.

Das wie zuvor beschrieben erhaltene Kohlenmonoxid und der Wasserstoff werden dann zu der CO-Oxidiereinheit 35' gesandt. Wie in der Fig. 12B gezeigt, wird die CO-Oxidiereinheit 35c auch mit Luft versorgt. Hier wird nur Kohlenmonoxid unter Anwesenheit des Katalysators (z. B. ein Fotokatalysator) oxidiert, um in Kohlendioxid umgewandelt zu werden. Anschließend werden der Wasserstoff und das Kohlendioxid dem Brennstoffzellenpaket 26' zugeführt und verwendet für die Erzeugung von Elektrizität. Nicht für die Elektrizitätserzeugung benutzter Wasserstoff und benutztes Kohlendioxid werden dem Heizgerät 31a' als Brennstoff für den Betrieb des Heizgeräts 31a' zugeführt.

Als nächstes wird ein Bezug zu den Fig. 13 bis 15 gemacht. Diese Figuren zeigen ein Beispiel eines Brennstoffzellenpakets, das in den vorbeschriebenen Brennstoffzellensystem SY1 bis SY3 verwendbar ist.

Die dargestellten Brennstoffzellenpakete (das vollständige Paket ist mit der Bezugsziffer 38 gekennzeichnet) beinhaltet eine Vielzahl von Brennstoffzellen 39 in einer Aufeinandererschichtung. Diese Brennstoffzellen 39 werden in Serie verbunden und zwischen einer ersten Endplatten 38A und einer zweiten Endplatten 38B getragen. Diese Endplatten 38A, 38B sind miteinander über vier Bolzen B1 bis B4 und vier Muttern N1 bis N4 verbunden.

Wie klar in Fig. 14 gezeigt, beinhaltet jede der Brennstoffzellen 39 ein erstes Trennelement 40, ein zweites Trennelement 42 und einen Ionenaustauschfilm (Elektrolytteil) 42 angeordnet zwischen diesen Trennelementen. Jedes der Trennelemente 40, 41 muss eine gute Hitzebeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit, eine hohe mechanische Festigkeit und eine einfache Bearbeitbarkeit haben. Um dies zu befriedigen, ist jedes der Trennelemente 40, 41 hergestellt aus einem hochdichten Kohlenstoffmaterial gebunden durch Phenolharz und einer Variation von Metallen und Legierungen (z. B. Titan, rostfreiem Stahl, Titanlegierungen).

Die Brennstoffzelle 39 beinhaltet einen kreuzförmigen Negativelektrodenkollektor 43 angeordnet zwischen dem ersten Trennelement 40 und dem Ionenaustauschfilm 42 und einen kreuzförmigen Positivelektrodenkollektor 44, angeordnet zwischen dem zweiten Trennelement 41 und dem Ionenaustauschfilm 42. Weiterhin beinhaltet die Brennstoffzelle 39 eine erste Dichtung 45, die zwischen dem ersten Trennelement 40 und dem Ionenaustauschfilm 42 angeordnet ist, und eine zweite Dichtung 46, die zwischen dem zweiten Trennelement 41 und dem Ionenaustauschfilm 42 angeordnet ist. Die Dichtung 45 ist mit einer kreuzförmigen Öffnung 45a zum Einpassen des Negativelektrodenkollektors 43 ausgeformt, wobei die zweite Dichtung 46 mit einer kreuzförmigen Öffnung 46a zum Einpassen des Positivelektrodenkollektors 44 ausgebildet ist. In Fig. 14 gehört das erste Trennelement 40 gemeinschaftlich zu der dargestellten Brennstoffzelle und einer weiteren Brennstoffzelle (nicht dargestellt) auf der linken Seite. Ebenso gehört das zweite Trennelement 41 gemeinsam zu der dargestellten Brennstoffzelle und einer anderen Brennstoffzelle (nicht dargestellt) auf der rechten Seite.

Das erste Trennelement 40 hat vier Ecken mit einer ersten bis zu einer vierten Durchgangsöffnung 40a bis 40d für die Einführung der vier Bolzen B1 bis B4 (Fig. 13). Jede der Durchgangsöffnungen hat einen eckigen Querschnitt. Ebenso hat das zweite Trennelement 41 vier Ecken, die mit einem ersten bis zu einer vierten Durchgangsöffnung 41a bis 41d ausgebildet sind. Entsprechend zu diesen ersten bis vierten Durchgangsöffnungen der Trennelemente sind der Ionenaustauschfilm 42, die erste Dichtung 45 und die zweite Dichtung 46 mit vier Öffnungen (42a bis 42d, 45a bis 45d, 46a bis 46d) versehen.

Wie in Fig. 15 gezeigt, gelangen die zuvor beschriebenen ersten Durchgangsöffnungen in eine Ausrichtung auf eine gemeinsame Achse, wenn die Brennstoffzellen 39 passend geschichtet sind. Folglich wird eine Verbindungsöffnung 400a gebildet, die die Einführung des Bolzens B₁ erlaubt (siehe auch Fig. 14). Ebenso gelangen die zuvor beschriebenen zweiten Durchgangsöffnungen in eine Ausrichtung auf eine Achse und bilden eine Verbindungsöffnung 400b (Fig. 14), die eine Einführung des Bolzens B₂ erlaubt. Wie es einfach zu verstehen ist, werden Durchgangsöffnungen 400c (Fig. 14, 15) und 400d (Fig. 14) gebildet, um die Einführung der anderen beiden Bolzen B₃ und B₄ zu erlauben. Ein Element bezeichnet mit dem Buchstaben C in Fig. 17 ist ein Rohr, durch das die Bolzen B₁ bis B₄ eingefügt sind. Wie in Fig. 13 gezeigt, ist die erste Endplatte 38A gebildet mit vier Zufuhröffnungen 38c, 38d, 38e, 38f für die Zufuhr von Wasserstoffgas und Sauerstoff enthaltenen Gas. Die Zufuhröffnungen 38c bis 38f stehen in Verbindung mit den Verbindungsöffnungen 400a bis 400d innerhalb der Endplatte 38A. Obwohl nicht in der Figur dargestellt, ist die zweite Endplatte 38B auch mit vier Öffnungen (Ausströmöffnungen) entsprechend den Zufuhröffnungen 38c, 38d, 38e, 38f ausgebildet, die entsprechender Weise in Verbindung mit den Verbindungsöffnungen 400a bis 400d stehen.

Die ersten und zweiten Trennelemente 40, 41 sind insgesamt aus einem metallischen Leiter wie Titan hergestellt und ausgebildet wie Platten. Wie nachfolgend beschrieben wird, wirken die ersten und zweiten Trennelemente 40, 41 benutzt, wenn Wasserstoffgas und Sauerstoff enthaltenes Gas zugeführt wird und sind daher aus einem Material hergestellt, das eine gute Hitzebeständigkeit und hohe mechanische Festigkeit aufweist. Die anderen Materialien als Titan für die Herstellung der ersten und zweiten Trennelemente 40, 41 können rostfreier Stahl, Titanlegierungen usw. sein.

Wie in den Fig. 14 und 15 gezeigt, hat jeder der ersten Trennelemente 40 eine erste Oberfläche 40A und eine zweite davon abgewandte Oberfläche 40B. Ebenso hat jeder der zweiten Trennelemente 41 eine erste Oberfläche 41A und eine hiervon abgewandte zweite Oberfläche 41B. Die erste Oberfläche 40A des ersten Trennelements 40 ist versehen mit einer Vielzahl von Nuten 40e, von denen jede zwischen der ersten Durchgangsöffnung 40a und der zweiten Durchgangsöffnung 40b eine Verbindung bildet ohne untereinander zu kreuzen. Diese Nuten 40e können beispielsweise durch Fotoätzung gebildet werden. Ebenso ist die erste Oberfläche 41A des zweiten Trennelements 41 mit einer Vielzahl von Nuten 41e versehen, die die erste Durchgangsöffnung 41a und die zweite Durchgangsöffnung 41b miteinander verbinden. Diese Nuten 40e und 41a sind Wege für die Zufuhr des Sauerstoff enthaltenen Gases. Andererseits ist die zweite Oberfläche 40B des ersten Trennelements 40 mit einer Vielzahl von Nuten 40f versehen, die die dritten Durchgangsbohrungen 40c mit den vierten Durchgangsbohrungen 40d verbinden, wohingegen die zweite Oberfläche 41B des zweiten Trennelements 41 gebildet ist mit einer Vielzahl von Nuten 41f, die die dritte Durchgangsbohrung 41c und die vierte Durchgangsbohrung 41d miteinander verbinden. Diese Nuten 40f und 41f gebildet in den zweiten Oberflächen von jedem Trennelement sind Wege für die Zufuhr des Wasserstoffgases.

Die Oberflächen des ersten Trennelements 40 mit Ausnahme der Nuten 40e sind beschichtet aus Schutzgründen mit Platin. Ebenso sind die Oberflächen des zweiten Trennelements mit Ausnahme der Nuten 41e mit Platin zum Schutz beschichtet. Bodenflächen und innere Wände der Nuten 40e des ersten Trennelements 40 und der Nuten 41e des zweiten Trennelements 41 sind beispielsweise mit einem Fluorharz beschichtet.

Der Ionenaustauschfilm 42 hat eine Protonenkonduktivität, um selektiv den Durchtritt von Wasserstoffionen zu erlauben. Ein Katalysatorteil ist auf jeder Seite des Ionenaustauschfilms 42 gebildet. Insbesondere ist in Fig. 15 die linke Oberfläche des Ionenaustauschfilms 42 mit einem Negativelektroden-Katalysatorteil 42A gebildet, wobei die rechte Oberfläche mit einem Positivelektroden-Katalysatorteil 42B gebildet ist.

Das negative Elektrodenkatalysatorteil 42a ist beispielsweise eine poröse Schicht, hergestellt aus Katalysatorkörnern von Kohlenstoff, die eine Platin (oder Palladium) tragende Oberfläche haben und Wasserstoffmolekülen und Wasserstoffionen einen Durchtritt erlauben. Die Negativelektroden-Katalysatorteile 42A dissoziieren das zugeführte Wasserstoffgas in Wasserstoffionen und Elektronen.

Andererseits ist beispielsweise das Positivelektroden-Katalysatorteil 42B aus einer porösen Schicht hergestellt aus Katalysatorkörnern aus Kohlenstoff, die Oberflächen zum Tragen von Platin (oder Palladium) und Rhodium haben und Sauerstoffmolekülen einen Durchtritt erlauben. An dem Positivelektroden-Katalysatorteil 42B reagiert das Sauerstoffgas mit den Wasserstoffionen und Elektronen, um Wasser zu produzieren.

Der Negativelektrodenkollektor 43 ist ein poröses Element, beispielsweise aus einem Kohlenstoffmaterial hergestellt, und ist allgemein in einer Kreuzform ausgebildet. Der Negativelektrodenkollektor 43 sammelt die Elektronen, die von dem Wasserstoffgas an dem Negativelektroden-Katalysatorteil 42A dissoziiert sind, so dass die Elektronen aus der Brennstoffzelle 39 entnommen werden können. Ferner erlaubt der Negativelektrodenkollektor 43 dem zugeführten Wasserstoff zu dem Positivelektroden-Katalysatorteil 42A durchzutreten.

Andererseits ist der Positivelektrodenkollektor 44 wie der Negativelektrodenkollektor 43 ein poröses Element, beispielsweise hergestellt aus einem Kohlenstoffmaterial und ist im Allgemeinen in einer Kreuzform geformt. Der Positivelektrodenkollektor 44 erhält Elektronen von außen, so dass die Elektronen dem Positivelektroden-Katalysatorteil 42B zugeführt werden können. Ferner erlaubt der Positivelektrodenkollektor 44 dem zugeführten Wasserstoff enthaltenen Gas zu dem Positivelektroden-Katalysatorteil 42B zu passieren.

Die erste Dichtung 45 steigert die Abdichtung zwischen dem Ionenaustauschfilm 42 und dem ersten Trennelement 40, wohingegen die zweite Dichtung 46 die Abdichtung zwischen dem Ionenaustauschfilm 42 und dem zweiten Trennelement 41 erhöht. Wie zuvor beschrieben, sind die ersten und zweiten Dichtungen 45, 46 mit hauptsächlich kreuzförmigen Öffnungen 45A, 46A in ihren entsprechenden Zentralteilen ausgebildet. Daher umgeben die Dichtungen 45 und 46 die Kollektoren 43, 44, wenn die Brennstoffzelle montiert wird (Fig. 15). Das zuvor beschriebene Brennstoffzellenpaket 38 arbeitet wie folgt:

Zuerst wird Wasserstoffgas zu den dritten und vierten Verbindungsöffnungen 400c, 400d über die dritten und vierten Zufuhröffnungen 38e, 38f der ersten Endplatte 38A zugeführt. Dies liefert Wasserstoffgas zu den Nuten 40f des ersten Trennelements 40 und den Nuten 41f des zweiten Trennelements 41 in jeder der Brennstoffzellen 39 (siehe Fig. 14 und 15). Ein Überschußbetrag von zugeführtem Wasserstoffgas wird von den Öffnungen, die in der zweiten Endplatte 38B gebildet sind, abgezogen. Wie es für die Brennstoffzellensysteme SY1 bis SY3 beschrieben wurde, wird das abgezogene Wasserstoffgas gesammelt und dann wieder zu den Brennstoffzellenpaketen 38 zugeführt oder als Brennstoff für Heizmittel in der Reformiereinheit verwendet.

Andererseits wird Sauerstoff enthaltenes Gas zu den ersten und zweiten Verbindungsöffnungen 40a, 40b über die ersten und zweiten Zuführöffnungen 38c; 38d der ersten Endplatte 38A zugeführt. Dies liefert Sauerstoff enthaltenes Gas zu den Nuten 40e des ersten Trennelements 40 und zu den Nuten 41e des zweiten Trennelements 41 in jeder Brennstoffzelle 39. Normalerweise wird als Sauerstoff enthaltenes Gas Luft zugeführt.

Bezugnehmend jetzt auf Fig. 15 passiert zu den Nuten 40f des ersten Trennelements zugeführtes Wasserstoffgas durch den Negativelektrodenkollektor 43 und wird dann dissoziiert in Wasserstoffionen und Elektronen an dem Negativelektroden-Katalysatorteil 42A. Die Elektronen werden gesammelt in dem Negativelektrodenkollektor 43. Anschließend werden die Elektronen über das erste Trennelement 40 zu dem Positivelektrodenkollektor der angrenzenden Brennstoffzelle auf der linken Seite zugeführt, die dieses Trennelement gemeinsam benutzen.

Andererseits passieren die durch die Reaktionen an dem negativen Elektroden-Katalysatorteil 42a produzierten Wasserstoffionen durch den Ionenaustauschfilm 42 zu dem Positivelektroden-Katalysatorteil 42B. Der Positivelektroden-Katalysatorteil 42B wird auch mit Elektronen von dem Negativelektrodenkollektor der angrenzenden Brennstoffzelle auf der rechten Seite versorgt, die das Trennelement gemeinsam benutzen.

Das Wasserstoff enthaltene Gas, das zu den Nuten 41e des zweiten Trennelements 41 zugeführt wird, wird zu dem Positivelektroden-Katalysatorteil 42B über den Positivelektrodenkollektor 44 zugeführt. In dieser Weise wird der Positivelektroden-Katalysatorteil 42B mit Sauerstoffgas, Elektronen und Wasserstoffionen versorgt. Diese Substanzen reagieren, um Wasser zu produzieren.

Wie zuvor beschrieben, werden die in dem Negativelektrodenkollektor 43 einer jeden Brennstoffzelle 39 gesammelten Elektronen dem Positivelektrodenkollektor der angrenzenden Brennstoffzelle zugeführt. Elektronen, die in dem Negativelektrodenkollektor 43 der Brennstoffzelle angeordnet an dem am meisten stromabwärts gelegenen Ende des Elektronenflusses gesammelt werden, werden dem Positivelektrodenkollektor der Brennstoffzelle angeordnet an dem am meisten stromaufwärts gelegenen Elektrodenflusses über einen externen Kreislauf zugeführt. In anderen Worten fließen in den Brennstoffzellenpaketen 38 die Elektronen insgesamt in einer Richtung, wobei die Elektronen von dem am meisten stromabwärts gelegenen Brennstoffzelle zu der am meisten stromaufwärts gelegenen Brennstoffzelle über einen externen Kreislauf zirkuliert wird. Die erzeugte Energie wird entnommen und von einem externen Kreislauf verwendet.

Als nächstes wird Bezug zur Fig. 16 genommen. Diese Figur zeigt ein Erstteil (eine Region nahe der ersten Durchgangsöffnung 40a der ersten Oberfläche 40A des ersten Trennelements 40). Wie in der Figur gezeigt öffnet ein Ende von jeder Nut 40a sich zu der ersten Durchgangsöffnung 40a. Jedes Ende dieser Nuten 40e ist versehen mit einem rohrförmigen eine Flächenpressung zusicherndem Element 47. Jedes der eine Flächenpressung zusichernden Elemente 47 ist verbunden mit der Bodenfläche der Nut 40e und dessen Ende ist im wesentlichen egalisiert mit einer Oberfläche 40e der Durchgangsöffnung 40a.

Der andere Endbereich (Öffnung zu der zweiten Durchgangsöffnung 40b) von jeder Nut 40e ist auch mit einem eine Flächenpressung zusicherndem Element versehen. Dieses eine Flächenpressung zusichernde Element 37 versichert, daß das erste Trennelement 40 die Dichtung, die die erste Oberfläche 40A von diesem Trennelement kontaktiert, mit einer ausreichenden Flächenpressung preßt.

Der Effekt der Verwendung von eine Flächenpressung zusichernden Elementen wie zuvor beschrieben wird jetzt detaillierter mit Bezug auf die Fig. 17 beschrieben. Diese Figur stellt die Nachteile einer Nichtbenutzung von eine Flächenpressung zusichernden Elementen dar. Die Aufmerksamkeit wird jetzt auf die Nuten 40e des ersten Trennelements 40 gelenkt. Diese Nuten 40e sind nicht versehen mit den eine Flächenpressung zusichernden Elementen. Daher kann, wenn die geschichteten Brennstoffzellen über die Bolzen und Schrauben miteinander verbunden sind, die zweite Dichtung 46 verformt werden und sich in die Nuten 40a hineinwölben. Dies kann auch den Ionenaustauschfilm 42 und die erste Dichtung 45 wie in der Figur gezeigt deformieren. Folglich kann eine Lücke G zwischen der ersten Dichtung 45 und dem zweiten Trennelement 41 entstehen. Wenn die Abdichtung zwischen der ersten Dichtung 45 und dem zweiten Trennelement 41 wie zuvor beschrieben verschlechtert wird, kann das zugeführte Wasserstoff enthaltene Gas über die Lücke G in die Nuten 41e des zweiten Trennelements 41 gelangen oder zugeführtes Wasserstoffgas kann über die Lücke G in die erste Durchgangsbohrung 41a des zweiten Trennelements 41 gelangen, dies führt zu Schwierigkeiten, so daß die Brennstoffzellenpakete nicht einwandfrei arbeiten.

Dieses Problem kann zweckmäßigerweise gelöst werden durch die Anordnung der eine Flächenpressung zusichernden Elemente 47 in den Nuten 40e wie gezeigt in Fig. 16. Obwohl nicht in der Figur gezeigt, können die gleichen eine Flächenpressung zusichernden Elemente in den Nuten 40f gebildet in der zweiten Oberfläche 40B des ersten Trennelements 40 vorgesehen werden. Diese eine Flächenpressung zusichernden Elemente in den Nuten 40f sind nahe der dritten Durchgangsöffnung 40c oder der vierten Durchgangsöffnung 40d des ersten Trennelements 40 angeordnet. Ebenso sind die eine Flächenpressung zusichernden Elemente in den Nuten 41e und Nuten 41f gebildet in dem zweiten Trennelement vorgesehen. Diese eine Flächenpressung zusichernden Elemente in dem zweiten Trennelement 41 sind nahe einer der ersten Durchgangsöffnungen 41a bis der vierten Durchgangsöffnung 41d des zweiten Trennelements 41 angeordnet. Jedes der eine Flächenpressung zusichernden Elemente 47 ist hergestellt aus einem Metall wie rostfreiem Stahl oder Titan. Wie in Fig. 18 dargestellt, ist der äußere Durchmesser der eine Flächenpressung zusichernden Elemente 47 gleich zu der Tiefe der Nuten 40e. Im Besonderen ist der äußere Durchmesser der eine Flächenpressung zusichernden Elemente 47 $80 \pm 10 \mu\text{m}$, wenn die Tiefe der Nut 40e $80 \mu\text{m}$ ist. Das dargestellte eine Flächenpressung zusichernde Element 47, welches rohrförmig ist, ruft eine geringe Blockierung des Flusses des zugeführten Gases zu den Nuten 40e hervor.

In Fig. 18 sind zwei rohrförmige eine Flächenpressung zusichernden Elemente 47 in jeder Nut 40e angeordnet. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht hierauf begrenzt. Beispielsweise können – wie in Fig. 19 gezeigt – 5 eine Flächenpressung zusichernden Elemente 47 in den Nuten 40e angeordnet werden. Alternativ können – wie in Fig. 20 gezeigt – rechteckige parallele flache Hohlelemente 47' verwendet werden. Weiterhin alternativ kann – wie in Fig. 21 gezeigt – ein rechteckiger parallel flacher gasdurchlässiger poröser Block 47'' verwendet werden. Der poröse Block 47'' kann geeigneter Weise aus Schaummaterialien gefertigt werden, die aus Metall oder Keramik sind, worin Schäume enthalten sind, die gegenseitig miteinander verbunden sind oder aus gesintertem Metallpulver hergestellt sind. Das poröse Element 47'' hat eine Dicke, die im allgemeinen gleich zu der Tiefe der Nut 40e ist.

Fig. 22 und 23 zeigen eine alternative Ausführung, um

die eine Flächenpressung zusichernden Elemente in den Nuten 41e' des ersten Trennelementes 40 bereitzustellen. Wie klar in Fig. 23 gezeigt ist, hat jede der Nuten einen gestuften Teil 48. Jedes der eine Flächenpressung zu sichernden Elemente 47''' ist ein plattenförmiges Element. Wie in Fig. 23 gezeigt, ist jedes der eine Flächenpressung zusichernden Elemente 47''' mit einem zugeordneten gestuften Teil 48 der Nut 41e' verbunden. Nach dieser Ausführung ist in jeder Nut 41e' ein Durchgang 49 unterhalb des eine Flächenpressung zusichernden Elementes 47''' gebildet und das notwendige Wasserstoffgas (oder Sauerstoff enthaltene Gas) kann durch den Durchgang 49 zugeführt werden. Daher kann jedes der eine Flächenpressung zusichernden Teile 47''' aus einem nicht für das zuzuführende Gas durchlässigen Material hergestellt sein. In diesem Fall kann das eine Flächenpressung zusichernde Teile 47''' fest und aus Metall oder einem Plastikmaterial hergestellt sein. Jedoch sollte, um den Fluß des zuzuführenden Gases zu verbessern, jeder der eine Flächenpressung zusichernden Elemente 47''' als Hohlelement ausgebildet oder aus einem Schaummaterial hergestellt sein.

Wie zuvor im Zusammenhang mit dem Brennstoffzellenpaket 38, das in Fig. 13 gezeigt ist, beschrieben wurde, werden beide das Wasserstoffgas und das Sauerstoff enthaltene Gas, zu den in der ersten Endplatte 38A vorgesehenen Zufuhröffnungen (38c bis 38f) zugeführt und abgeführt über die Öffnungen, die in der zweiten Endplatte 38B vorgesehen sind. Die vorliegende Erfindung ist jedoch hierauf nicht begrenzt. Beispielsweise kann das Wasserstoffgas zu den Öffnungen, die in der zweiten Endplatte 38B vorgesehen sind, zugeführt werden und von den Öffnungen, die in der ersten Endplatte 38A vorgesehen sind, abgezogen werden.

Als nächstes wird Bezug auf die Fig. 24 bis 28 genommen. Diese Figuren zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Brennstoffzellenpakets verwendbar in einem Brennstoffzellensystem SY1 bis SY3 wie zuvor beschrieben. Wie in Fig. 24 gezeigt, erhält dieses Brennstoffzellenpaket (das gesamte Brennstoffzellenpaket ist mit der Nummer 50 bezeichnet) Wasserstoffgas (Brennstoffgas) von einer Wasserstoffgaszufuhrquelle 51 und Luft (Sauerstoff enthaltene Gas) von einer Luftzufuhrquelle 52.

Wie in Fig. 24 gezeigt, weist das Brennstoffzellenpaket 50 eine Vielzahl von Brennstoffzellen 53 auf, die in Reihe aufeinander geschichtet sind. Diese Brennstoffzellen 53 sind übereinandergeschichtet zwischen einem Paar von Endplatten 54a, 54b durch die Verwendung von mehreren Paaren von Bolzen und Muttern.

Wie in den Fig. 25 und 26 gezeigt, hat jede Brennstoffzelle 53 einen Positivelektrodenenteil 55, einen Negativelektrodenenteil 56 und einen Elektrolytenteil 57 übereinandergeschichtet zwischen zwei Trennelementen 58. Wechselseitig angrenzende Brennstoffzellen 53 benutzen gemeinsam ein Trennelement 58. Das Elektrolytenteil 57 ist von einem sogenannten festen Hochpolymertyp, in dem ein fester Hochpolymertyp als Elektrolyt verwendet wird. Als fester Hochpolymertyp wird zweckmäßigerweise ein Polystyrolkationenaustauschfilm (beispielsweise aus einem Perfluorsulfonsäurepolymer hergestellt) benutzt. Dieses Polymer wird protonenleitfähig, wenn es mit Wasser befeuchtet wird. Daher können die an dem Negativelektrodenenteil 56 dissoziierten Protonen von dem Wasserstoffgas den Elektrolytenteil 57 in einem hydrierten Zustand passieren, um zu dem Positivelektrodenenteil 55 zu wandern.

Jedes Positivelektrodenenteil 55 beinhaltet einen Kollektor 55a und eine Katalysatorschicht 55b. Jedes Negativelektrodenenteil 56 beinhaltet ein Kollektor 56a und eine Katalysatorschicht 56b. Die Kollektoren 55a, 56a werden aus einem porösen Element, hergestellt aus leitfähigen Körnern, gebildet. Der Kollektor des Positivelektrodenenteils 55 erlaubt wasser-

stoffgehaltenem Gas durch die Katalysatorschicht 55b zu passieren. Ferner versorgt der Kollektor 55a die Katalysatorschicht 55b mit Elektronen. Andererseits erlaubt der Kollektor 56a des Negativelektrodenenteils 56 dem Wasserstoffgas die Katalysatorschicht 56b zu passieren. Ferner sammelt der Kollektor 56a Elektronen, die in der Katalysatorschicht 56e produziert werden. Für diese Funktionen muß jeder der Kollektoren 55a, 56a eine zweckmäßige Porosität und eine gute Elektronenleitfähigkeit haben. Zusätzlich muß jeder der Kollektoren 55a, 56a eine hervorragende mechanische Festigkeit und Beständigkeit gegenüber Korrosionen durch den Elektrolyten haben. Materialien, die diese Anforderungen erfüllen, beinhalten Kohlenstoffmaterialien (Kohlenstoffpulver wie Ruß und Kohlefasern).

Die Katalysatorschichten 55b, 56b sind Matrizen, die hergestellt sind aus Kohlenstoffkörnern, die einen passenden Katalysator wie Platin in Form eines Pulvers tragen. Im besonderen werden die leitfähigen Körner, wie Kohlenstoffkörner, zuerst mit dem Katalysatorpulver beschichtet und dann in poröse Matrizen der Katalysatorschichten 55b, 56b geformt. Der Katalysator der Katalysatorschicht 56b des Negativelektrodenenteils 56 kann auch aus anderen Stoffen als Platin, wie Ruthenium, hergestellt werden. Alternativ können die Katalysatorschichten 55b, 56b auch gebildet werden durch Vorbereitung einer porösen Matrice hergestellt aus Kohlenstoffkörnern zuerst und anschließend durch Eintauchen der porösen Matrizen in eine Lösung, die die Katalysatorbestandteile enthält und dann durch eine Wärmebehandlung der Matrizen.

In einer weiteren Alternative können die Katalysatorschichten 55b, 56b durch direkte Anordnung der Katalysatorsubstanzen auf einer Oberfläche des Elektrolytteils 57 gebildet werden. In diesem Fall können die Katalysatorschichten 55b, 56b in den folgenden Schritten gebildet werden: Zuerst wird Kohlenstoffpulver, das den Katalysator trägt, in eine Paste (oder Lösung) durch Zugabe einer Flüssigkeit verwandelt. Dann wird die Kohlenstoffpulverpaste auf das Elektrolytenteil 57 durch beispielsweise Filmdruck aufgebracht. Letztendlich wird der Flüssigkeitsanteil aus der Kohlenstoffpulverpaste durch Verdampfung entfernt. Bei dieser Methode ist das Kohlenstoffpulver nicht notwendigerweise mit dem Katalysator beschichtet, bevor dieses mit der Flüssigkeit gemischt wird. In anderen Worten, die Flüssigkeit kann zu einer Mischung des Katalysators und des Kohlenstoffpulvers zugegeben werden.

Da ist weiterhin eine andere Methode zur Bildung der Katalysatorschichten 55b, 56b mit Benutzung einer wasserabweisenden Schicht, beispielsweise hergestellt aus einem Fluorharz. In diesem Fall wird zunächst ein dünner Kohlenstofffilm auf der wasserabweisenden Schicht beispielsweise durch Filmdruck gebildet. Dann wird der dünne Kohlenstofffilm thermisch auf das Elektrolytenteil 57 gedruckt, um die Katalysatorschicht 55b, 56b zu bilden.

Jeder der Positivelektrodenenteile 55 und der Negativelektrodenenteile 56 hat äußere Begrenzungen, die von einer Dichtung 59 umgeben sind. Jede der Dichtungen 59 hat vier Ecken, von denen jede mit einer Durchgangsöffnung 59a oder einer Durchgangsöffnung 59b versehen ist.

Der Elektrolytenteil ist hergestellt aus einem Ionenaustauschfilm, der eine Protonenleitfähigkeit hat, der selektiv Protonen (Wasserstoffionen) passieren läßt. Der Elektrolytenteil 57 hat vier Ecken, von denen jede mit einer Durchgangsöffnung 59a oder einer Durchgangsöffnung 59b entsprechend den Durchgangsöffnungen 59a oder 59b der Dichtung 59 ausgebildet ist.

Jedes der Trennelemente 58 ist aus einem leitfähigem Material wie rostfreiem Stahl oder einer Titanlegierung hergestellt. Wie in den Fig. 25 und 26 dargestellt, hat jedes

Trennelement 58 eine Oberfläche, die mit einem Wasserstoff zuführenden Nutenmuster 58A versehen ist. Das Wasserstoff zuführende Nutenmuster 58A beinhaltet eine Vielzahl von einzelnen linearen Nuten 58a und zwei gemeinsamen Nuten 58e, die vertikal zu den einzelnen Nuten 58a sich erstreckt. Die einzelnen Nuten 58a stehen untereinander über die gemeinsame Nut 58e in Verbindung. Jeder der Trennelemente 58 hat eine weitere Oberfläche, die mit einem Luft (Sauerstoff) zuführenden Nutenmuster 58B ähnlich zu dem vorherbeschriebenen Wasserstoff zuführenden Nutenmuster versehen ist. Das Luft zuführende Nutenmuster beinhaltet eine Vielzahl von einzelnen 58b (Fig. 25) und zwei gemeinsamen Nuten 58f, die vertikal zu den einzelnen Nuten 58b verlaufen und eine gegenseitige Verbindung unterhalb der einzelnen Nuten bereitstellen. Jeder der Trennelemente 58 hat vier Ecken, von denen jede mit einer Durchgangsöffnung 58c oder 58d entsprechend den Durchgangsöffnungen 59a oder 59b der Dichtung 59 ausgebildet ist. Von diesen Durchgangsöffnungen 58c, 58d stehen die diagonal zueinander angeordneten Durchgangsöffnungen 58c mit den gemeinsamen Nuten 58e des Wasserstoffzufuhrnutenmusters 58A in Verbindung, wohingegen die verbleibenden Durchgangsöffnungen 58b in Verbindung mit den gemeinsamen Nuten des Luftzufuhrmusters in Verbindung stehen.

Wie in den Fig. 27 und 28 gezeigt, ist jede der einzelnen Nuten 58a (und 58b) des Wasserstoffzufuhrnutenmusters 58A (und des Luftzufuhrnutenmusters 58B) durchgehend mit Vorsprüngen 60A (60B) versehen. Diese Vorsprünge 60A (60B) haben Schrägen 60a (60b), um den Gasfluß in einer Richtung entlang der Nut 58a (58b) zu reduzieren.

Wie in der Fig. 24 sind die Endplatten 54a und 54b größer als jede der Trennelemente 58. Obwohl nicht in der Figur dargestellt, ist jede der Endplatten 54a und 54b mit vier Öffnungen entsprechend den Durchgangsöffnungen 58c, 58d von jedem Trennelement 58 versehen. Im zusammengebauten Zustand des Brennstoffzellenpaketes stehen die Durchgangsöffnungen 58c und die Durchgangsöffnungen 58d von jedem Trennelement mit den jeweiligen Durchgangsöffnungen der anderen Trennelemente in Verbindung und bilden einen Wasserstoffgasdurchgang 61a und einen Luftdurchgang 61b (siehe Fig. 25).

Die nicht dargestellten Öffnungen in den Endplatten 54a und 54b stehen in Verbindung mit dem Wasserstoffgasdurchgang 61a oder dem Luftdurchgang 61b. Zufuhr und Abzug des Wasserstoffgases und der Luft zu und von dem Brennstoffzellenpaket erfolgt über diese Öffnungen.

Wasserstoffgas, zugeführt von der Wasserstoffzufuhrquelle 51 (Fig. 24), wird dem Wasserstoffgasdurchgang 61a (Fig. 25) zugeführt und dann zu dem Wasserstoffzufuhrnutenmuster 58A über die Durchgangsöffnung 58d eines jeden Trennelementes 58 zugeführt. Das zu dem Wasserstoffzufuhrnutenmuster 58A gesandte Wasserstoffgas wird dann über die gemeinsamen Nuten 58e den einzelnen Nuten 58a zugeführt. Andererseits wird die von der Luftzufuhrquelle 52 (Fig. 24) kommende Luft dem Luftzufuhrnutenmuster 58B eines jeden Trennelementes über den Luftdurchgang 61b zugeführt. Die zu dem Luftzufuhrnutenmuster 58B zugeführte Luft wird dann über die gemeinsamen Nuten 58f den einzelnen Nuten 58b zugeführt.

Wie in Fig. 27 gezeigt, strömt der zu jeder einzelnen Nut 58a (58b) zugeführte Wasserstoff (Luft) entlang der einzelnen Nuten 58a (58b), wobei jeweils die Schrägen 60a (60b) von jedem Vorsprung 60A (60B) getroffen werden. Diese Kollision mit den Schrägen 60a (60b) verlagert den Fluß des Wasserstoffs (der Luft) auf den Kollektor 55a (56a) zu. Anschließend diffundiert ein Teil des Wasserstoffs (der Luft) in den Kollektor 55a (56a), wohingegen ein anderer Teil von der Oberfläche des Kollektors 55a (56a) reflektiert wird.

Folglich wird der Gasfluß in den einzelnen Nuten 58a (58b) turbulent, aber insgesamt strömt das Gas entlang der einzelnen Nuten 58a (58b).

Wie beschrieben worden ist, kann durch Anordnung der Vorsprünge 60A (60B) in den einzelnen Nuten 58a (58b) der Fluß des den einzelnen Nuten 58a (58b) zugeführten Gases auf den Kollektor 55a (55b) ausgerichtet werden. Folglich kann das zugeführte Gas effektiv in den Kollektor 55a (56a) eindiffundiert werden. Die Form der Vorsprünge 60A (60B) ist nicht auf die in der Fig. 27 und in der Fig. 28 gezeigten Beispiele beschränkt und kann in vielen Weisen variiert werden. Im besonderen können die Vorsprünge beispielsweise prismatisch oder säulenartig oder ferner kuppelartig oder nadelartig sein. Ferner können die Vorsprünge ersetzt werden durch Rücksprünge, um die turbulente Strömung des Gases zu bedingen.

Wie zuvor beschrieben worden ist, diffundiert ein Teil des als Brennstoff zugeführten Wasserstoffes in den Kollektor 56a ein. Dann erreicht der Wasserstoff die Katalysatorschicht 56b und dissoziiert in Wasserstoffionen und Elektronen. Die Wasserstoffionen passieren durch den Elektrolytteil 56, um die Katalysatorschicht 55b des Positivelektroden 55 zu erreichen. Die Elektronen passieren den Kollektor 56a nochmalig, um das Trennelement 58 zu erreichen und zu der Katalysatorschicht 55b des Positivelektroden 55 der angrenzenden Brennstoffzelle 53.

Andererseits passiert die in das Luftzufuhrnutenmuster 58B zugeführte Luft den Kollektor 55a des Positivelektroden 55 und erreicht die Katalysatorschicht 55b. Anschließend reagiert das Sauerstoffgas in der Luft, das die Katalysatorschicht 55b erreicht hat, mit den Wasserstoffionen, die durch den Elektrolytteil 57 kommen, und den Elektronen, die von der angrenzenden Brennstoffzelle 53 zugeführt werden, um Wasser zu produzieren.

Das Wasser strömt teilweise mit der Luft und wird von jeder einzelnen Nut 58b des Luftzufuhrnutenmusters 58B abgezogen. Der Rest des Wassers kondensiert in den einzelnen Nuten 58b. Wenn das kondensierte Wasser in den einzelnen Nuten 58b verbleibt, wird der Stau eine ausreichende Versorgung mit Luft verhindern. Ferner wird, wenn das kondensierte Wasser in der Katalysatorschicht 55b und/oder dem Kollektor 55a verbleibt, eine ausreichende Bewegung und Reaktion des Wasserstoffgases an dem Positivelektroden 55 verhindert.

Als Mittel für die Entfernung des verbleibenden Wassers kann der Druck der zu dem Luftzufuhrnutenmuster zugeführten Luft erhöht werden, so daß das verbleibende Wasser herausgedrückt wird. Jedoch ist dieses Verfahren nicht unbedingt vorzuziehen, weil so ein Verfahren nachteilig ist in Bezug auf den Energiewirkungsgrad des Brennstoffzellensystems.

Um sich diesem Problem zuzuwenden, wird im Zusammenhang mit dem zuvor beschriebenen Brennstoffzellenpaket 50 die einzelne Nut für die Zufuhr von Luft mit Vorsprüngen für das Hervorrufen von Turbulenzen in dem Luftstrom versehen. Wenn der Luftstrom turbulent ist, ist das kondensierte Wasser geneigt, sich in Tröpfchen mit einem kleineren Durchmesser zu teilen. Weiterhin wird das kondensierte Wasser auch durch die Kollision mit den Vorsprüngen in Tröpfchen mit kleinerem Durchmesser geteilt. Die kleineren Tröpfchen, die eine kleinere Kontaktfläche mit den einzelnen Nuten 58b haben, werden einfacher durch den Luftstrom geblasen und wirkungsvoll abgezogen. Wie zuvor beschrieben, kann durch Anordnung der Vorsprünge, wie in der Fig. 27 und der Fig. 28 gezeigt, das nicht notwendige Wasser vorteilhafter Weise aus dem Inneren des Brennstoffzellenpaketes entfernt werden, ohne einen Bedarf zum Erhöhen des Druckes der zugeführten Luft.

Das in den Brennstoffzellenpaket 50 produzierte Wasser kann durch das vorbeschriebene Verfahren (nachfolgend als erstes Verfahren bezeichnet) jedoch auch mit anderen Verfahren entfernt werden. Solche Verfahren einhalten ein Verfahren, in dem der Druck des zu dem Brennstoffzellenpaket zugeführten Sauerstoff enthaltenen Gases absatzweise gewechselt wird (nachfolgend als zweites Verfahren bezeichnet) und ein Verfahren, in dem Ultraschallschwingungen auf das in dem Brennstoffzellenpaket verbleibende Wasser angewendet werden (nachfolgend als drittes Verfahren bezeichnet). Jetzt wird eine Beschreibung für das zweite und dritte Verfahren gemacht.

Fig. 29 stellt das zweite Verfahren dar. Um das zweite Verfahren auszuführen, ist ein Elektromagnetventil 64 zwischen dem Brennstoffzellenpaket 62 und der Luftzufuhrquelle 63 angeordnet. Die Luftzufuhrquelle 63 dient für die Zufuhr der als Sauerstoff enthaltenen Gas verwendeten Luft zu dem Brennstoffzellenpaket 62 und wird bereit gestellt durch ein allgemein bekanntes Bauteil, wie einen Kompressor.

Das Brennstoffzellenpaket 62 wird gebildet durch eine Vielzahl von Brennstoffzellen in einer Aufeinandererschichtung und enthält eine Vielzahl von Trennelementen 65, die jede Brennstoffzelle von der anderen trennt. Obwohl nicht in der Figur dargestellt, ist jedes der Trennelemente mit Nuten für die Zufuhr der Luft und Nuten für die Zufuhr des Wasserstoffes versehen. Das Brennstoffzellenpaket 62 hat eine innere Struktur, die ähnlich zu der in den Fig. 13 bis 15 gezeigten Brennstoffzellenpaketes 38 oder zu der in den Fig. 24 bis 26 gezeigten Brennstoffzellenpaketes 50 ist. Daher wird die innere Struktur des Brennstoffzellenpaketes 62 hier nicht im Detail beschrieben. Das elektromagnetische Ventil wird geöffnet und/oder geschlossen durch elektromagnetische Kräfte. Beispielsweise wird das Ventil geöffnet, wenn das Elektromagnetventil 64 mit Elektrizität beaufschlagt ist, wohingegen das Ventil geschlossen ist, wenn es nicht mit Elektrizität beaufschlagt ist.

Mit der vorhergehenden Anordnung wird durch Öffnen des Elektromagnetventils 65 Luft von der Luftzufuhrquelle 63 über eine Leitung 66 zu dem Brennstoffzellenpaket 62 geführt. Dies führt die Luft in die Luftzufuhrnuten eines jeden Trennelementes 65. Andererseits wird das Wasserstoffgas von der Wasserstoffgaszufuhrquelle 67 über eine Leitung 68 zu dem Brennstoffzellenpaket 62 zugeführt. Das zugeführte Wasserstoffgas wird dann in die Wasserstoffzufuhrnuten eines jeden Trennelementes 56 eingeführt. Die Reaktion zwischen der zugeführten Luft und dem Wasserstoff produziert Wasser in den Luftzufuhrnuten eines jeden Trennelementes. Ein Teil des Wassers wird von dem Luftstrom mitgerissen und von dem Brennstoffzellenpaket 62 abgezogen, wohingegen der Rest in den Luftzufuhrnuten des Trennelementes 65 kondensiert. Das kondensierte Wasser kann durch die folgende Methode entfernt werden:

Wie zuvor beschrieben, ist das die Zufuhr von Luft steuernde Elektromagnetventil 64 zwischen der Luftzufuhrquelle 63 und dem Brennstoffzellenpaket 62 angeordnet. Hier wird die Luft durchgehend von der Luftzufuhrquelle 63 zugeführt, während das Brennstoffzellenpaket 62 in Betrieb ist. In einem derartigen Fall wird, wenn das Elektromagnetventil 64 betrieben wird, der zugeführte Luftstrom in der Leitung 66 blockiert. Folglich wird der Druck der Luft größer, wenn das Elektromagnetventil 64 nicht betätigt wird. Das bedeutet, daß durch Wiederholung eines absatzweise Öffnen und Schließens des Elektromagnetventils 64 der Druck der zugeführten Luft zu dem Brennstoffzellenpaket 62 über einen Zeitraum gewechselt werden kann. Z. B. ändert sich der Druck der zugeführten Luft, wie in Fig. 30 gezeigt, wenn das Elektromagnetventil periodisch und für ei-

nen Augenblick geschlossen wird. Es ist anzumerken, daß der Anstieg des Gesamtdruckes nach der Zeit T_0 bedingt ist durch eine Belastungsänderung des Brennstoffzellenpaketes 62.

5 Durch Erhöhung des Luftdruckes für einen Augenblick und ein vorbestimmtes Zeitintervall, wie zuvor beschrieben, kann eine absatzweise antreibende Kraft auf das in den Luftzufuhrnuten eines jeden Trennelementes 65 verbleibende Wasser aufgegeben werden. Dies macht es möglich, das verbleibende Wasser aus dem Inneren des Brennstoffzellenpaketes 62 wirksam zu entfernen. Ferner kann, da dieses Verfahren nicht eine Entfernung des verbleibenden Wassers mit einem konstanten hohen Druck (Entfernungskraft) vorsieht, die für die Wasserentfernung verwendete Energie klein sein. 15 Daher wird es möglich, wirksam einen Leistungsabfall der Brennstoffzellenpakete 62 bedingt durch das verbleibende Wasser zu vermeiden, ohne wesentlich den Gesamtenergiewirkungsgrad des Systems, welches das Brennstoffzellenpaket 62 benutzt, zu verringern.

20 Nach dem vorbeschriebenen Beispiel ist der Öffnen-/Schließbetrieb des Elektromagnetventils gebildet mit regelmäßigen Intervallen. Jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht hierauf beschränkt. Beispielsweise kann der elektrische Ausgang des Brennstoffzellenpaketes 62 überwacht werden und das Elektromagnetventil 64 kann auf der Basis des Ausgangswertes gesteuert werden. Im Besonderen wird der Druck der zugeführten Luft ansteigen, wenn die ausgegebene Elektrizität geringer wird als ein vorbestimmter Wert. Ferner kann, wenn die Entfernung des verbleibenden Wassers möglich ist, der Druck der zugeführten Luft in einem Sinuskurvenmuster geändert werden. 30

Alternativerweise können die Mittel für das absatzweise Erhöhen des Druckes der zu dem Brennstoffzellenpaket 62 zugeführten Luft eine pulsierende Pumpe wie in Fig. 31 gezeigt sein. Im Besonderen kann die Luft von der Luftzufuhrquelle 63 unter Druck von der pulsierenden Pumpe gefördert werden. In diesem Fall brauchen die Elektromagnetventile 64 notwendigerweise nicht benutzt werden. 35

Als nächstes wird Bezug auf die Fig. 32 genommen. Diese Figur stellt das dritte Verfahren für die Entfernung von nicht notwendigen verbleibenden Wasser in dem Brennstoffzellenpaket 62 dar. Das dritte Verfahren unterscheidet sich von dem zweiten Verfahren darin, daß ein Ultraschall- 40 erzeuger 17 anstatt des Elektromagnetventils 64 (Fig. 29) verwendet wird. Wie in der Figur gezeigt, ist der Ultraschall-erzeuger 70 an der Leitung 66 für die Zufuhr der Luft zu dem Brennstoffzellenpaket 62 angeordnet.

Nach der obigen Ausführung kann durch Betätigung des Ultraschall-erzeugers 17 eine hochfrequente Schwingung auf die zu dem Brennstoffzellenpaket 62 zugeführte Luft aufgegeben werden. Die Schwingung wird über die Luft zu dem in dem Brennstoffzellenpaket 62 zurückbleibenden Wasser übertragen, wodurch das zurückgebliebene Wasser veranlaßt wird zu schwingen. Wie es allgemein bekannt ist, gleiten 55 Wassertropfen einfacher auf einer Oberfläche, wenn eine Ultraschallschwingung auf die auf einer Oberfläche einer Substanz aufliegenden Wassertropfen aufgegeben wird. Nach diesem Prinzip wird das verbleibende Wasser in dem Brennstoffzellenpaket 20 mehr dazu neigen, in der Luftzufuhrnuten eines jeden Trennelementes 65 zu gleiten. Daher wird das zurückbleibende Wasser leichter aus dem Brennstoffzellenpaket 62 durch die durch das Brennstoffzellenpaket 62 strömende Luft ausgeschleust werden können. Nach diesem Verfahren kann das zurückbleibende Wasser 60 sehr effektiv aus der Brennstoffzelle 62 entfernt werden, ohne daß ein Bedarf für einen besonderen Anstieg des Druckes der zu dem Brennstoffzellenpaket 62 zugeführten Luft, erforderlich ist.

Die Anwendung einer Ultraschallschwingung auf das zurückbleibende Wasser kann durchgehend oder absatzweise erfolgen, während das Brennstoffzellenpaket 62 in Betrieb ist. Wenn die Anwendung von Ultraschallschwingungen absatzweise erfolgt, kann die Anwendung regelmäßig in bestimmten Zeitintervallen oder unregelmäßig in Abhängigkeit mit der elektrischen Ausgangsleistung des Brennstoffzellenpaketes 62 erfolgen. In dem in Fig. 32 dargestellten Beispiel ist der Ultraschallerzeuger 17 angeordnet an der Leitung 66, aber die vorliegende Erfindung ist nicht hierauf begrenzt. Z. B. kann der Ultraschallgenerator 70 auch an dem Brennstoffzellenpaket 62 angeordnet werden.

Patentansprüche

1. Ein Brennstoffzellensystem bestehend aus:
einer Reformiereinheit (2, 31, 31') für die Produktion einer wasserstoffreichen Gasmischung durch Reformierung einer Wasserstoff enthaltenden Verbindung und einer Brennstoffzelle (39, 53) für die Erzeugung einer elektromotorischen Kraft durch eine Reaktion zwischen Wasserstoff und Sauerstoff, **dadurch gekennzeichnet**,
daß eine Wasserstofftrenneinheit (3) zwischen der Reformiereinheit (2, 31, 31') und der Brennstoffzelle (39, 53) angeordnet ist, die Wasserstofftrenneinheit (3) mit wasserstoffdurchlässigen Mittel zum Erhalt eines Brennstoffgases durch Trennung des Wasserstoffgases von der Gasmischung versehen ist.
2. Das Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, weiterhin bestehend aus Umlaufmitteln für die Zufuhr von aus der Brennstoffzelle (39, 53) ausgestoßenen und nichtreagierten Gas zu der Brennstoffzelle (39, 53) als Brennstoffgas.
3. Das Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Wasserstoff enthaltene Verbindung eine aus Ethanol, Methanol, Dimethylether, Propan oder Erdgas ist.
4. Das Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die wasserstoffdurchlässigen Mittel einen Palladiumlegierungsfilm enthalten.
5. Das Brennstoffzellensystem nach Anspruch 4, wobei der Palladiumlegierungsfilm aus einer Legierung hergestellt ist, die Palladium und mindestens ein aus Silber, Gold und Ruthenium ausgewähltes Metall enthält.
6. Das Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die wasserstoffdurchlässigen Mittel einen festen hochpolymeren hohlen Faden einschließen.
7. Das Brennstoffzellensystem nach Anspruch 6, wobei der feste hochpolymere hohle Faden aus Polyimide hergestellt ist.
8. Das Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Reformiereinheit (2, 31, 31') ein Dampferzeugungsteil (2a, 31) für die Verdampfung von Wasser durch Erhitzen; ein Verbrennungsteil (2c) für das Erhitzen des Dampferzeugungsteils durch Verbrennung eines vorbestimmten Brennstoffes und einem Reformierteil (2b, 34) für die Produktion der wasserstoffreichen Gasmischung durch Reaktion des durch den Dampferzeugungsteil (2a, 31) erzeugten Dampfes mit der Wasserstoff enthaltenden Verbindung aufweist; der Verbrennungsteil (2c) als Brennstoff die Gasmischung, von der Wasserstoff durch die Wasserstofftrenneinheit (3) abgetrennt wird, verwendet.
9. Das Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bestehend aus einem Brennstoffzellen-

paket (6, 9, 26, 26', 38, 50, 62) das eine Brennstoffzelle (39, 53) und mindestens eine zusätzliche, auf die Brennstoffzelle (39, 53) angefügte Brennstoffzelle (39, 53) schichtweise einschließt.

10. Ein Brennstoffzellensystem bestehend aus:
einer Vielzahl von Brennstoffzellenpaketen (6, 9, 26, 26', 38, 50, 52), von denen jedes eine Vielzahl von Brennstoffzellen (39, 53) in Aufeinander-schichtung einschließt;

Zufuhrmitteln (1, 7; 10; 27, 28; 51, 52; 67, 63) für die Zufuhr eines Brennstoffes und eines Oxidationsmittels zu jedem der Brennstoffzellenpakete (6, 9, 26, 26', 38, 50, 62) und

Betriebssteuerungsmitteln für die Steuerung des Betriebes der Brennstoffzellenpakete (6, 9, 26, 26', 38, 50, 62),

dadurch gekennzeichnet,

daß die Brennstoffzellenpakete (6, 9, 26, 26', 38, 50, 62) in eine Vielzahl von Gruppen aufgeteilt sind, die mindestens eine erste und eine zweite Gruppe einschließen, die Betriebssteuerungsmittel (16) eingerichtet sind, um die Brennstoffzellenpakete der ersten Gruppe unabhängig von den Brennstoffzellenpaketen der zweiten Gruppe zu betreiben und zu stoppen.

11. Das Brennstoffzellensystem nach Anspruch 10, wobei die Betriebssteuerungsmittel (16) eingerichtet sind, um jedes der Vielzahl von Brennstoffzellenpaketen unabhängig von den anderen Brennstoffzellenpaketen (6, 9, 26, 26', 38, 50, 62) zu betreiben und zu stoppen.

12. Das Brennstoffzellensystem nach Anspruch 10 oder 11, weiterhin bestehend aus einer Leitung (11) für die Zufuhr des Brennstoffes zu jedem der Brennstoffzellenpakete (6, 9, 26, 26', 38, 50, 62) und einer Vielzahl von Ventilen (15) vorgesehen an der Leitung; wobei die Ventile (15) eingerichtet sind, um den Brennstoff zu den Brennstoffzellenpaketen (6, 9, 26, 26', 38, 50, 62) zuzuführen oder zu stoppen, jedes der Ventile entsprechend zu einer der Vielzahl von Gruppen zugeordnet ist.

13. Das Brennstoffzellensystem nach Anspruch 12, wobei die Betriebssteuerungsmittel (16) die Öffnen-/Schließbetätigung der Vielzahl von Ventilen (15) im Zusammenhang mit dem Betrag der benötigten Elektrizität steuern.

14. Das Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 10 bis 13, weiterhin bestehend aus Ausgangssteuerungsmitteln (17) versehen mit mindestens einem Paar von Ausgangsanschlüssen (17a, 17b) für die Entgegennahme der Elektrizität von den Brennstoffzellenpaketen (6, 9, 26, 26', 38, 50, 62) und zum Weitergeben der Elektrizität an ein externes Bauteil, wobei die Ausgangssteuerungsmittel (17) eingerichtet sind, um die gegenseitigen Verbindungsmuster zwischen den Brennstoffzellenpaketen (6, 9, 26, 26', 38, 50, 62) und ein Verbindungsmuster der Brennstoffzellenpakete (6, 9, 26, 26', 38, 50, 62) zu den Ausgangsanschlüssen (17a, 17b) zu ändern.

15. Ein Elektroauto bestehend aus:

einem Antriebsmotor (M) und

einem Brennstoffzellensystem (SY2) für die Zufuhr von Elektrizität zu dem Antriebsmotor (M), das Brennstoffzellensystem (SY2) einschließend,
eine Vielzahl von Brennstoffzellenpaketen (6, 9, 26, 26', 38, 50, 62), jedes eine Vielzahl von Brennstoffzellen (39, 53) in Aufeinander-schichtung einschließend,
Mitteln (1, 7; 10; 27, 28; 51, 52; 67, 63) für die Zufuhr von Brennstoff und Oxidationsmittel zu jedem der Brennstoffzellenpakete (6, 9, 26, 26', 38, 50, 62) und

Antriebssteuermitteln (16) für die Steuerung des Betriebes der Brennstoffzellenpakete (6, 9, 26, 26', 38, 50, 62),
dadurch gekennzeichnet,
daß die Brennstoffzellenpakete (6, 9, 26, 26', 38, 50, 62) in eine Vielzahl von Gruppen aufgeteilt sind, die mindestens eine erste und eine zweite Gruppe einschließen, die Antriebssteuermittel (16) eingerichtet sind, um die Brennstoffzellenpakete der ersten Gruppe unabhängig von den Brennstoffzellenpaketen der zweiten Gruppe zu betreiben und zu stoppen.

16. Ein Brennstoffzellensystem bestehend aus:
einer Reformiereinheit (2, 31, 31') für die Produktion einer wasserstoffreichen Brennstoffgasmischung durch Reformierung von Dimethylether und
einer Brennstoffzelle (39, 53) versorgt mit dem Brennstoffgas und einem Sauerstoff enthaltenen Gas, wodurch eine Reaktion zwischen dem Wasserstoffgas und dem Sauerstoffgas bedingt ist, um elektrische Energie und Wasser zu produzieren, wobei die Reformiereinheit (2, 31) ein Dampferzeugungsteil (2a, 33) für die Verdampfung von Wasser und ein Brennstoffreformierteil für die Durchführung der Dampfreformierung des Dimethylethers einschließt, der Dimethylether durch an dem Dampferzeugungsteil (2a, 33) erzeugte Hitze erhitzt wird, bevor der Dimethylether dem Brennstoffreformierteil (2a, 34) zugeführt wird.

17. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 16, weiterhin bestehend aus einem thermisch leitenden hohlen Element (33b) angeordnet in dem Dampferzeugungsteil (2a, 33); der Dimethylether über das hohle Element (33b) dem Dampfreformierteil (34) zugeführt wird.

18. Ein Brennstoffzellensystem bestehend aus:
einer Brennstoffzelle (39, 53),
einer Wasserstoffzufuhrquelle (1, 10, 28, 52, 63, 67) für die Zufuhr von Wasserstoffgas zu der Brennstoffzelle und
einer Sauerstoff enthaltenen Gaszufuhrquelle (7, 28, 52, 63) für die Zufuhr von Sauerstoff enthaltenem Gas zu der Brennstoffzelle;
gekennzeichnet durch weiterhin bestehend aus Wasserentfernungsmittel (60A, 60B; 64; 69; 70) für die absatzweise Förderung der Entfernung des in der Brennstoffzelle (39, 53) verbleibenden Wassers.

19. Das Brennstoffzellensystem nach Anspruch 18, wobei das Wasserentfernungsmittel ein Elektromagnetventil (64) ist, vorgesehen zwischen der Sauerstoff enthaltenen Gaszufuhrquelle und der Brennstoffzelle.

20. Das Brennstoffzellensystem nach Anspruch 18, wobei das Wasserentfernungsmittel eine pulsierende Pumpe (69) ist, vorgesehen zwischen der Sauerstoff enthaltenen Gaszufuhrquelle und der Brennstoffzelle.

21. Das Brennstoffzellensystem nach Anspruch 18, wobei das Wasserentfernungsmittel ein Ultraschallerzeuger (70) ist.

22. Das Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 18 bis 21, wobei die Brennstoffzelle (39, 53) ein Negativelektrodenenteil (43, 46); ein Positivelektrodenenteil (44, 45); ein Elektrolytteil (42, 57) angeordnet zwischen dem Negativelektrodenenteil und dem Positivelektrodenenteil; einer ersten Platte (40, 58) angeordnet angrenzend zu dem Negativelektrodenenteil (43, 58) und einer zweiten Platte (41, 58) angrenzend angeordnet zu dem Positivelektrodenenteil (44, 55) einschließt, die erste Platte (40, 58) mit Wasserstoffzufuhrnuten für die Zufuhr von Wasserstoffgas zu dem Negativelektrodenenteil versehen ist, die zweite Platte (41, 58) mit Sauerstoffzufuhrnuten für die Zufuhr des Sauerstoff enthaltenen

Gases zu dem Positivelektrodenenteil (44, 55) versehen ist.

23. Ein Verfahren zur Entfernung von unnötigem Wasser verbleibend in einer Brennstoffzelle, die mit Brennstoffgas und einem Sauerstoff enthaltenen Gas versorgt wird, das Verfahren gekennzeichnet ist durch die folgenden Schritte:

Zufuhr des Sauerstoff enthaltenen Gases in die Brennstoffzelle und
absatzweiser Veränderung des Druckes des Wasserstoff enthaltenen Gases.

24. Das Verfahren nach Anspruch 23, wobei der Druck des Sauerstoff enthaltenen Gases für einen Augenblick erhöht wird.

25. Ein Verfahren für die Entfernung von unnötigem Wasser verbleibend in einer Brennstoffzelle, versorgt mit einem Brennstoffgas und einem Sauerstoff enthaltenen Gas, das Verfahren gekennzeichnet durch die folgenden Schritte ist:

Zufuhr des Sauerstoff enthaltenen Gases in die Brennstoffzelle und

Anwendung einer hochfrequenten Schwingung auf das verbleibende Wasser.

26. Eine Brennstoffzelle bestehend aus:

einem Negativelektrodenenteil (43, 56) zum Ausspalten des Wasserstoffgases in Wasserstoffionen und Elektronen;

einem Positivelektrodenenteil (44, 55) für die Produktion von Wasser durch eine Reaktion der Wasserstoffionen, Elektronen und Sauerstoffgas;

einem Elektrolytteil (42, 57) angeordnet zwischen dem Negativelektrodenenteil (43, 56) und dem Positivelektrodenenteil (44, 55) in einer Weise, die ein Durchtritt der Wasserstoffionen erlaubt;

einer ersten Platte (40, 58) angeordnet angrenzend zu dem Negativelektrodenenteil (43, 46) und versehen mit einer Wasserstoffzufuhrnut für die Zufuhr von Wasserstoffgas zu dem Negativelektrodenenteil (43, 56) und
einer zweiten Platte (41, 58) angeordnet angrenzend zu dem Positivelektrodenenteil (44, 55) und versehen mit einer Sauerstoffzufuhrnut für die Zufuhr von Sauerstoff enthaltenem Gas zu Positivelektrodenenteil (44, 55) dadurch gekennzeichnet,

daß mindestens eine der sauerstoffzuführenden Nuten und der wasserstoffzuführenden Nuten mit einer Vielzahl von Vorsprüngen (60A, 60B) ausgebildet ist.

27. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 26, wobei die Vorsprünge (60A, 60B) versehen sind mit Schrägen (60a, 60b) für die Umlenkung des Stromes des zugeführten Gases zu dem Elektrolytteil (42, 57).

28. Eine Brennstoffzelle bestehend aus
mindestens einem Elektrodenenteil (43, 56, 44, 55) das eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche hat,
einem Elektrolytteil (42, 57) angrenzend zu der ersten Oberfläche und eine Platte (40, 41, 58) angrenzend zu der zweiten Oberfläche und ausgebildet mit einer gaszuführenden Nut für die Zufuhr eines vorbestimmten Gases

dadurch gekennzeichnet,

daß die Gaszufuhrnut mit einem eine Flächenpressung zusichernden Mittel (47, 47', 47'', 47''') für die Zusage einer eine Flächenpressung zu dem Elektrodenenteil (42, 57) versehen ist.

29. Die Brennstoffzelle nach Anspruch 28, wobei die Platte (40, 41, 58) mit einer Durchgangsöffnung versehen ist, die in Verbindung mit Gaszufuhrnut steht, die eine Flächenpressung zusichernden Mittel (47, 47', 47'', 47''') nahe der Durchgangsöffnung angeordnet

sind.

30. Die Brennstoffzelle nach Anspruch 28, wobei die eine Flächenpressung zusichernden Mittel ein Hohlelement (47, 47') einschließen, das Hohlelement (47, 47') eine Dicke aufweist, die im wesentlichen gleich zu der Tiefe der Gaszufuhrnut ist. 5

31. Die Brennstoffzelle nach Anspruch 28, wobei die eine Flächenpressung zusichernden Mittel ein gasdurchlässiges poröses Element (47'') einschließen, dieses poröse Element (47'') eine Dicke hat, die im wesentlichen gleich zu der Tiefe der Gaszufuhrnut ist. 10

32. Die Brennstoffzelle nach Anspruch 28, wobei die Gaszufuhrnut mit einem gestuften Teil (48) für die Tragung der eine Flächenpressung zusichernden Mittel versehen ist. 15

33. Ein plattenförmiges Trennelement verwendet in einem Brennstoffzellenpaket (6, 9, 26, 26', 38, 50, 62) bestehend aus aufeinander geschichteten Brennstoffzellen (39, 53), das Trennelement (40, 41) bestehend aus: 20

einer Durchgangsöffnung (40a bis 40d, 41a bis 41d) für den Durchfluß des zugeführten Gases und einer Gaszufuhrnut (40e, 40f, 41e, 41f), in Verbindung mit der Durchgangsöffnung stehend, dadurch gekennzeichnet, 25

daß eine Flächenpressung zusicherndes Mittel (47, 47', 47'', 47''') in der Gaszufuhrnut angeordnet ist, die eine Flächenpressung zusichernden Mittel in der Nähe der Durchgangsöffnung angeordnet sind.

34. Das Trennelement nach Anspruch 33, wobei die eine Flächenpressung zusichernden Mittel ein Hohlelement (47, 47') einschließen, das Hohlelement eine Dicke hat, die im wesentlichen gleich zu der Tiefe der Gaszufuhrnut ist. 30

35. Das Trennelement nach Anspruch 33, wobei die eine Flächenpressung zusichernden Mittel ein gasdurchlässiges poröses Element (47'') einschließen, das poröse Element eine Dicke hat, die im wesentlichen gleich zu der Tiefe der Gaszufuhrnut ist. 35

36. Das Trennelement nach Anspruch 33, wobei die Gaszufuhrnut mit einem gestuften Teil (48) versehen ist für die Unterstützung der eine Flächenpressung zusichernden Mittel. 40

Hierzu 30 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

FIG.1

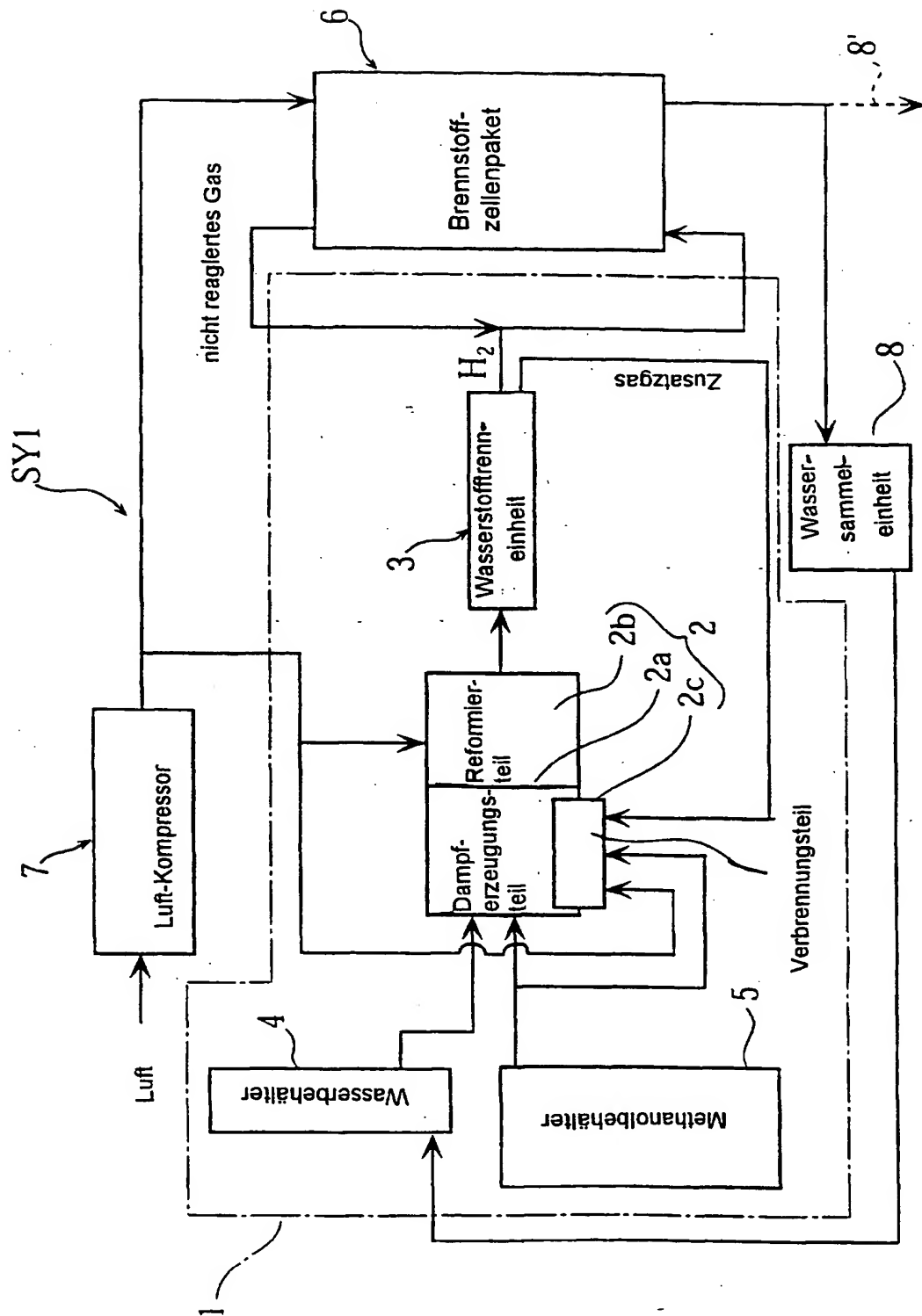


FIG.2A

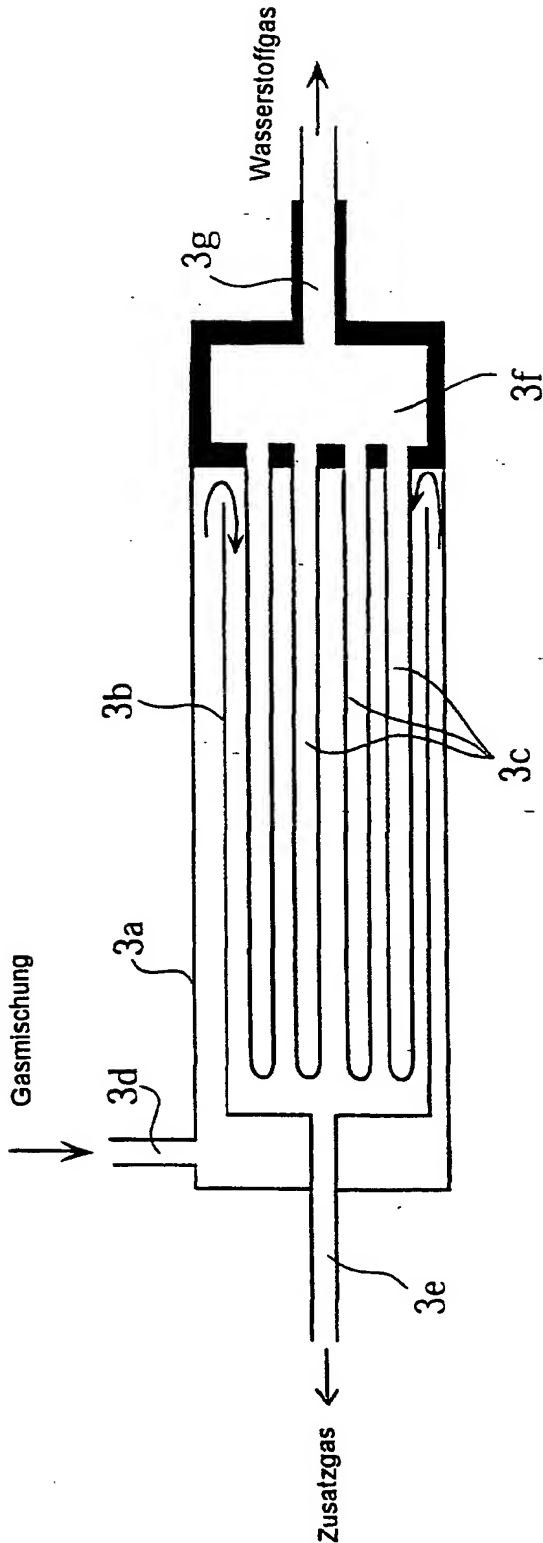


FIG.2B

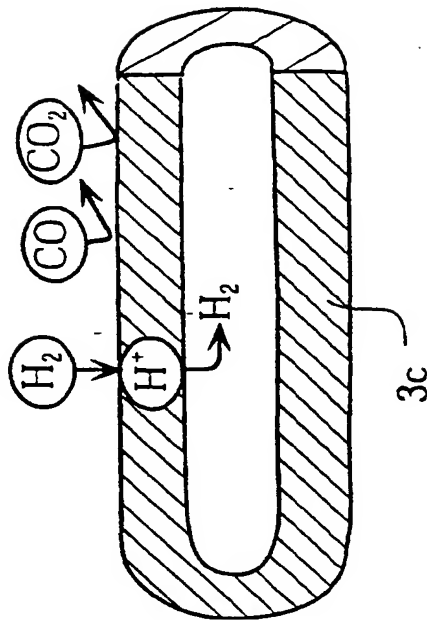


FIG.3A

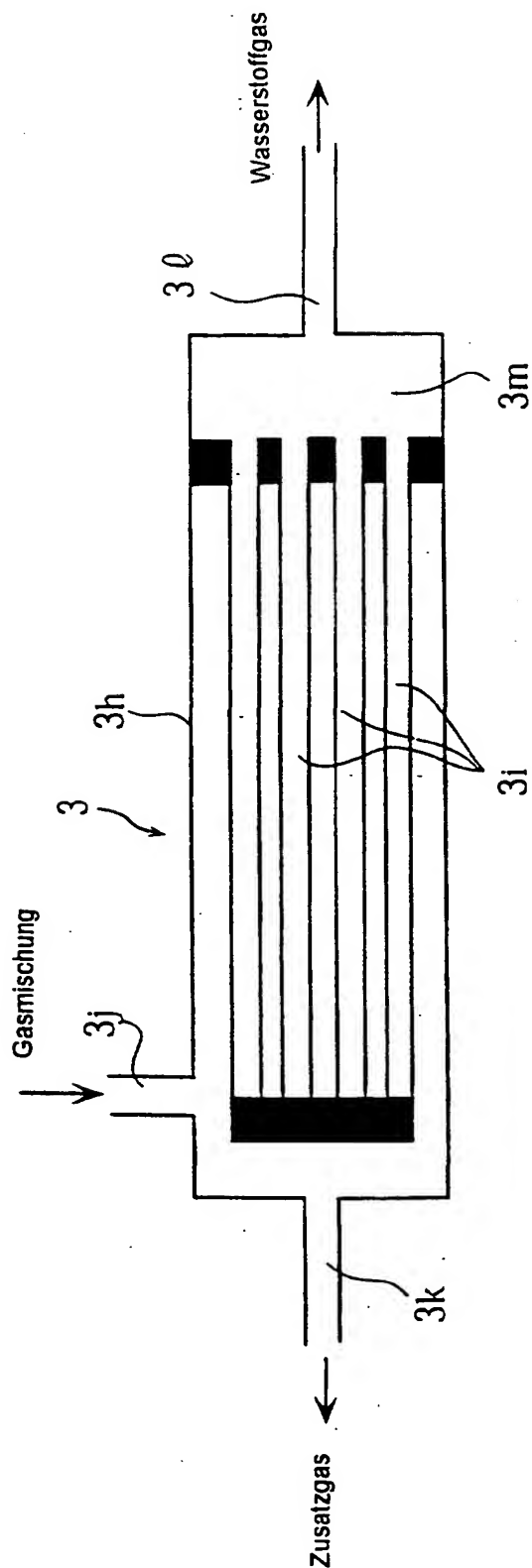


FIG.3B

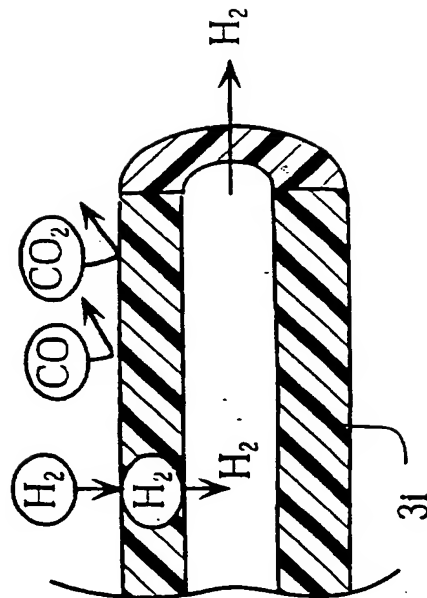


FIG.4

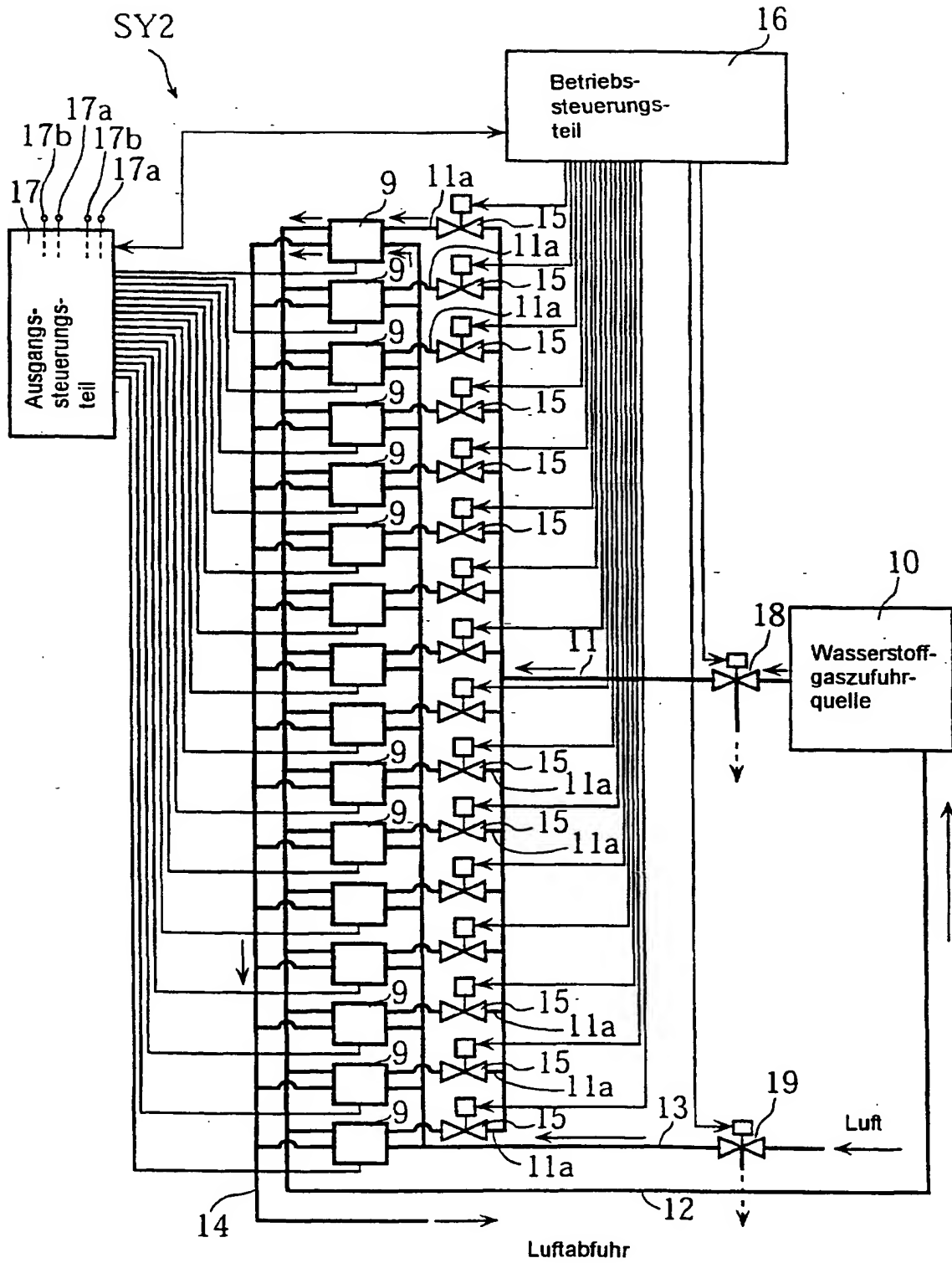


FIG. 5

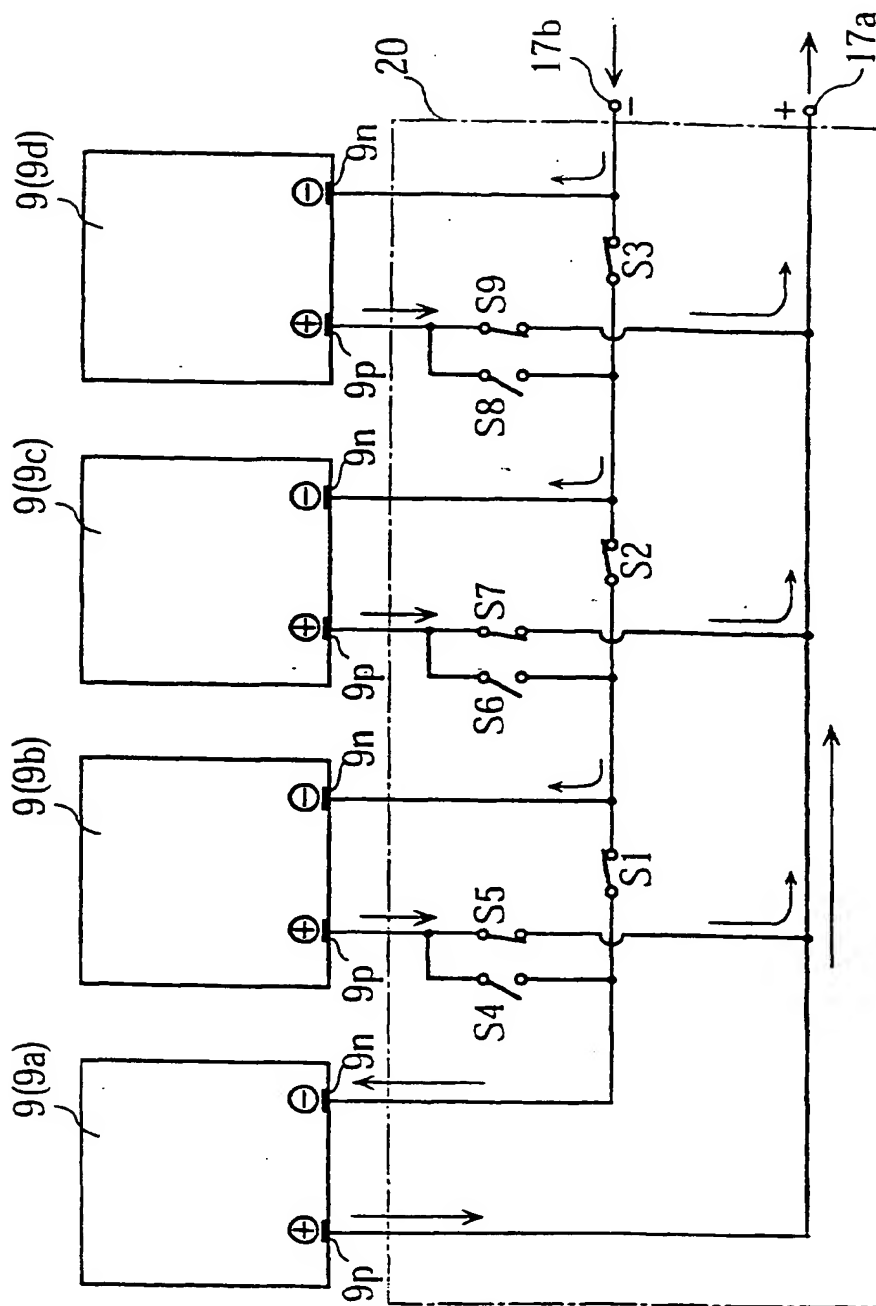


FIG. 6

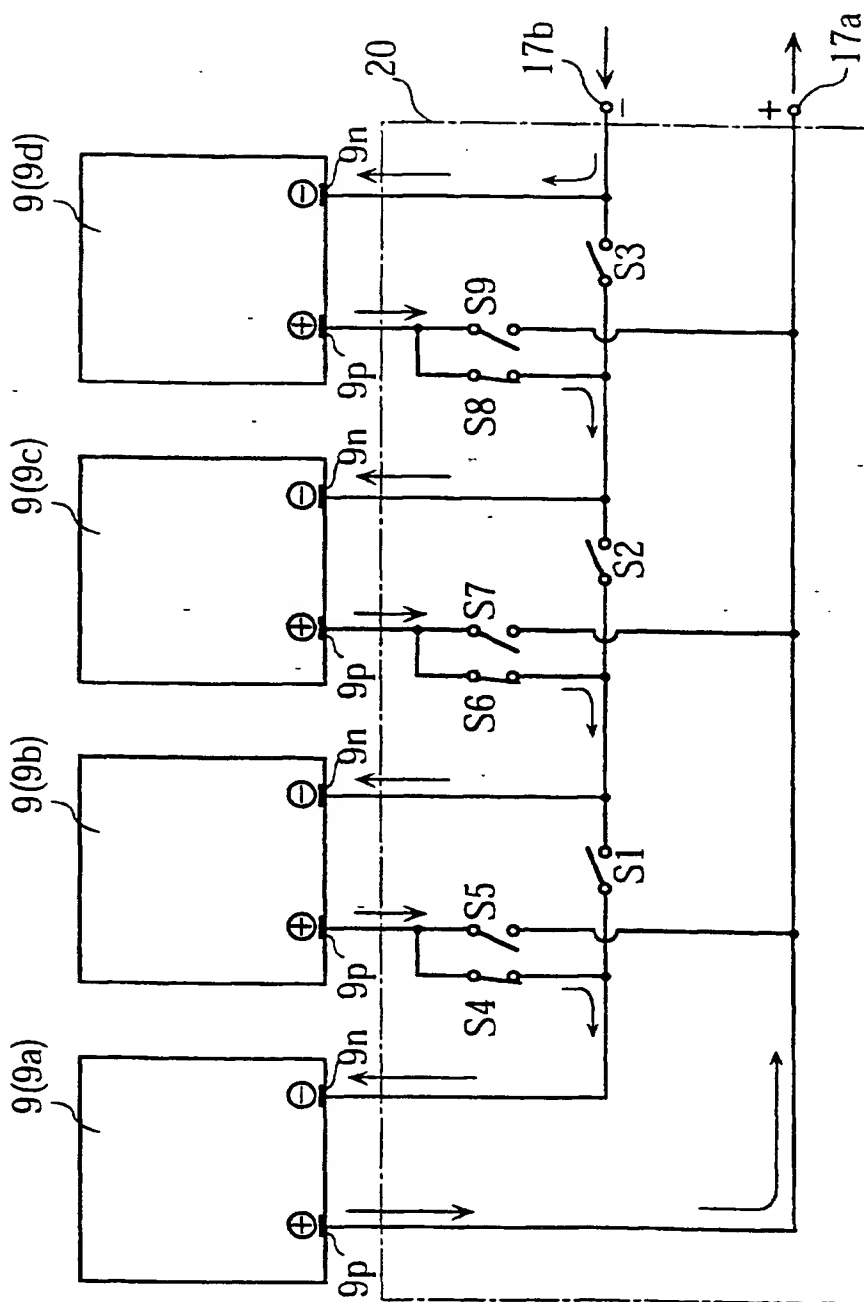


FIG. 7

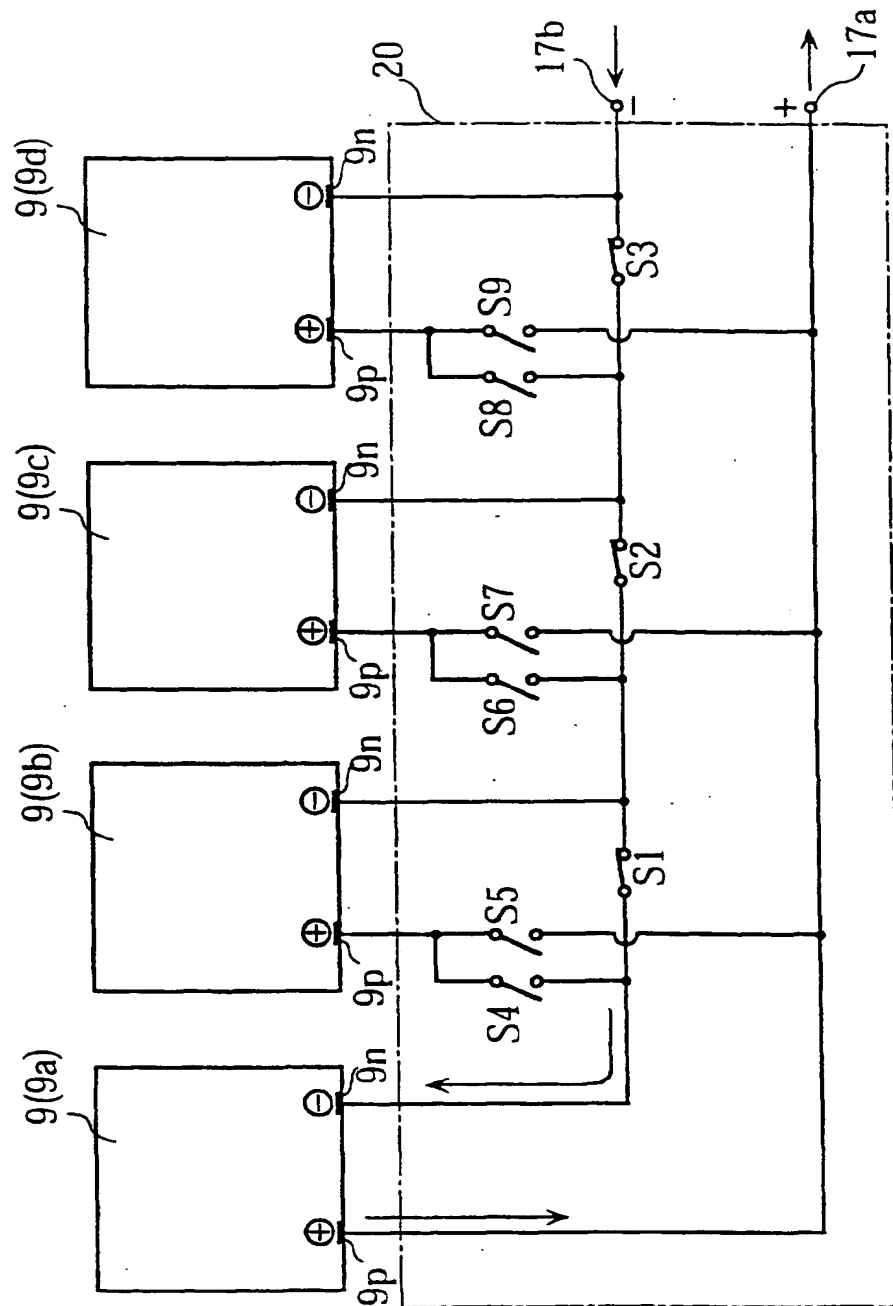


FIG. 8

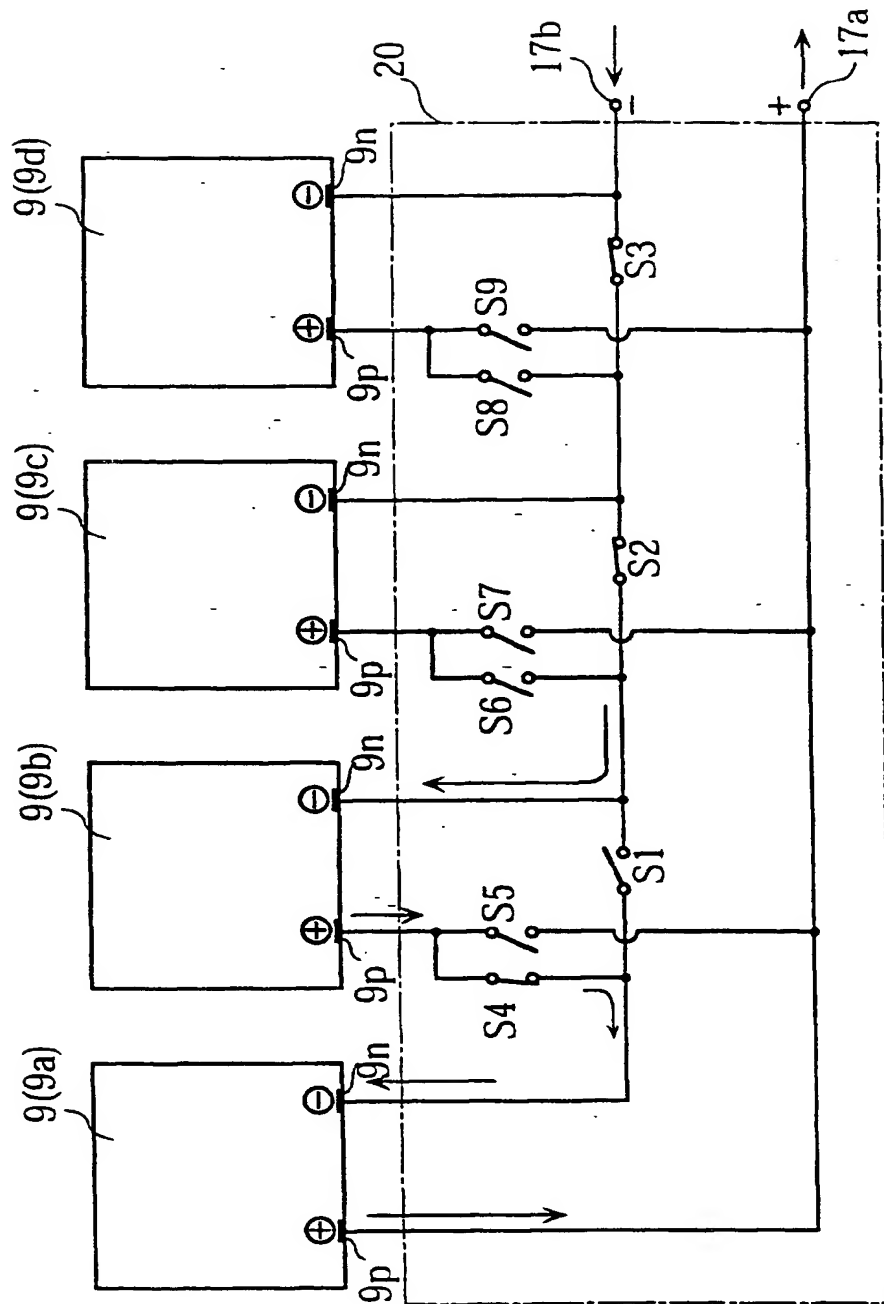


FIG.9

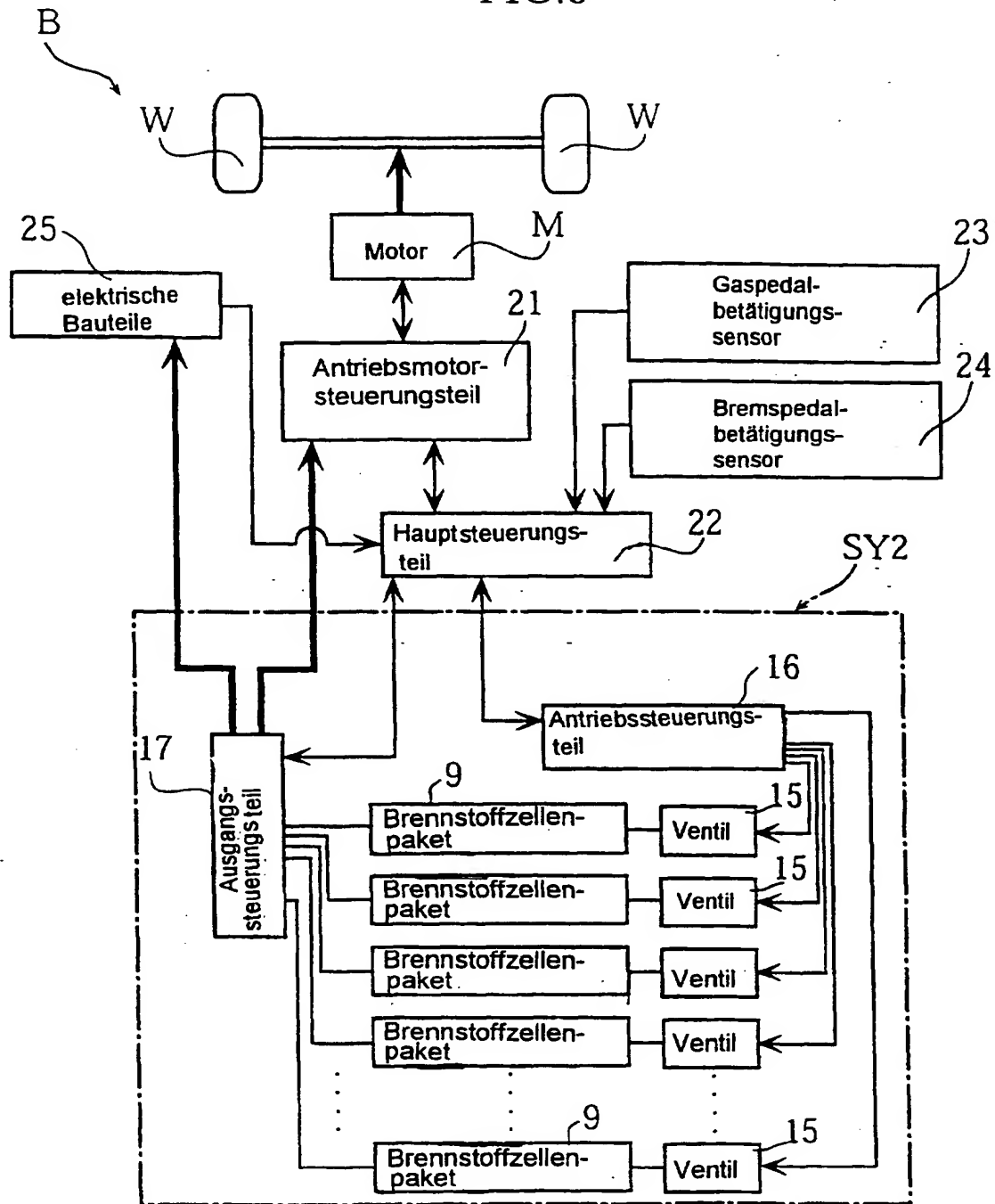


FIG.10

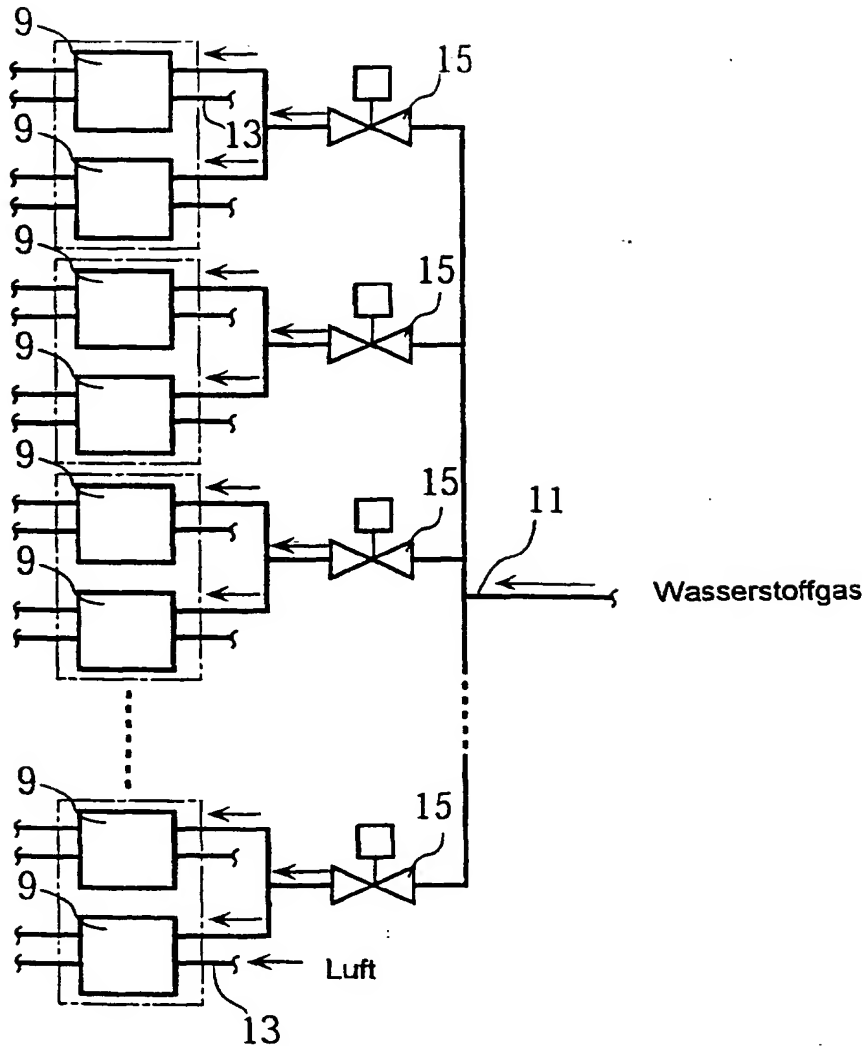
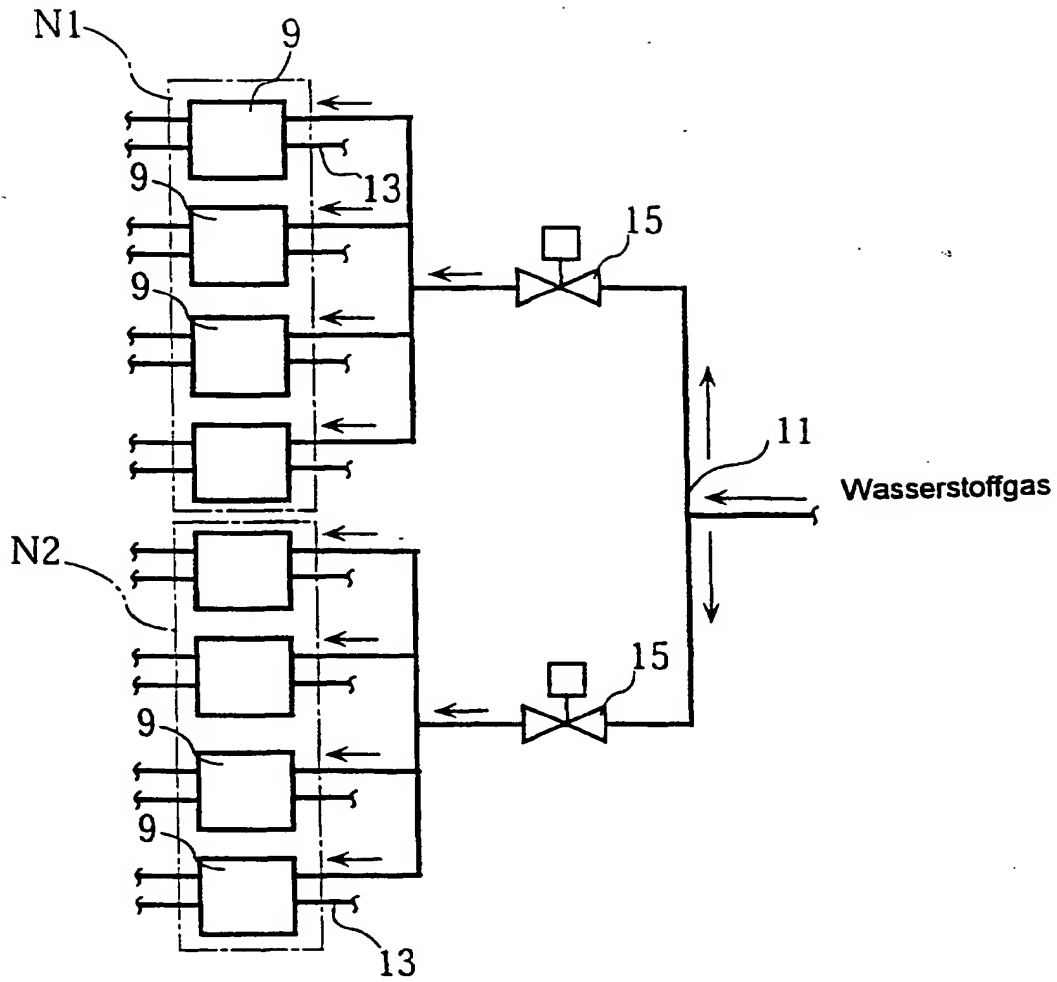


FIG.11



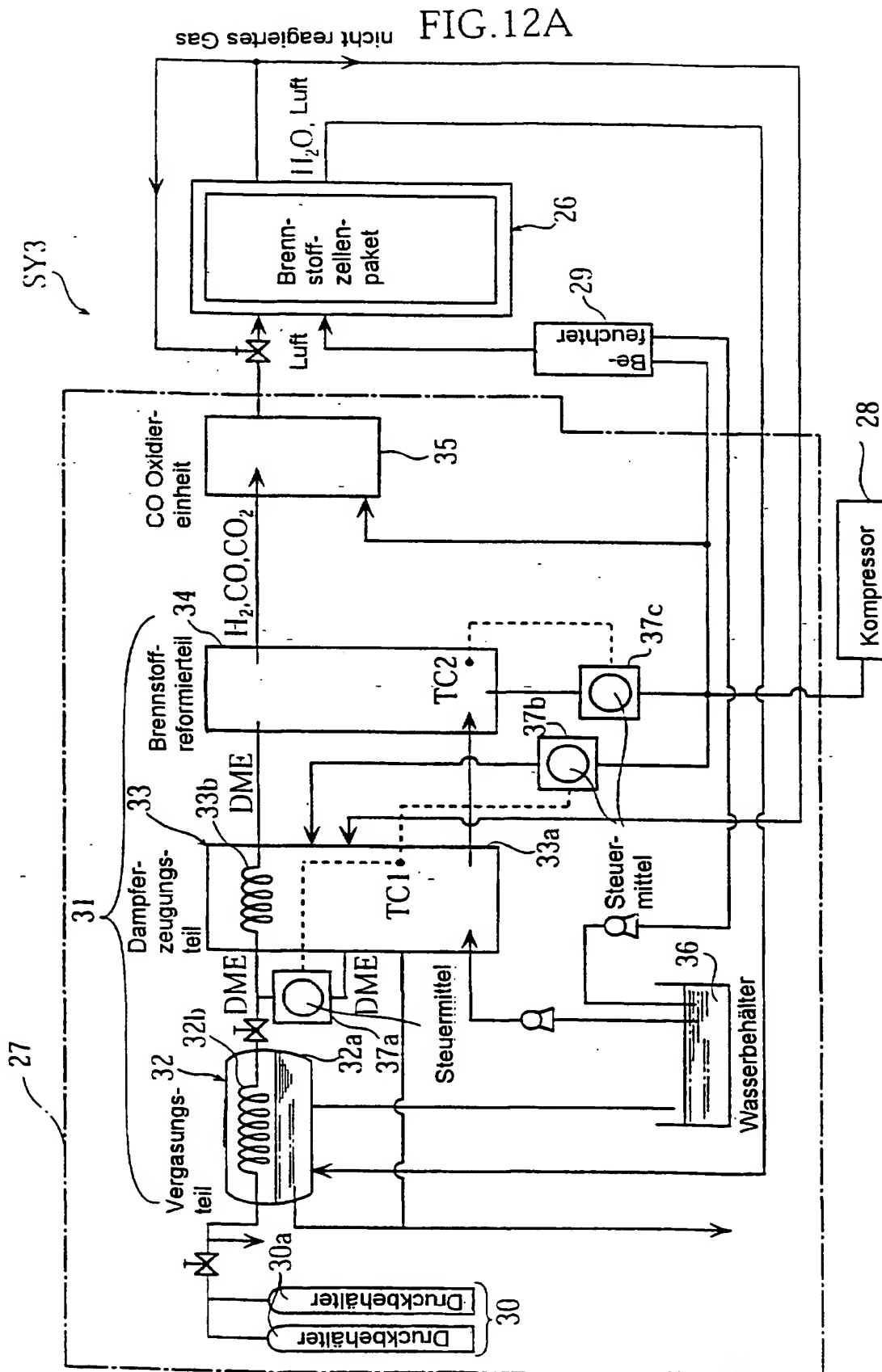


FIG.12B

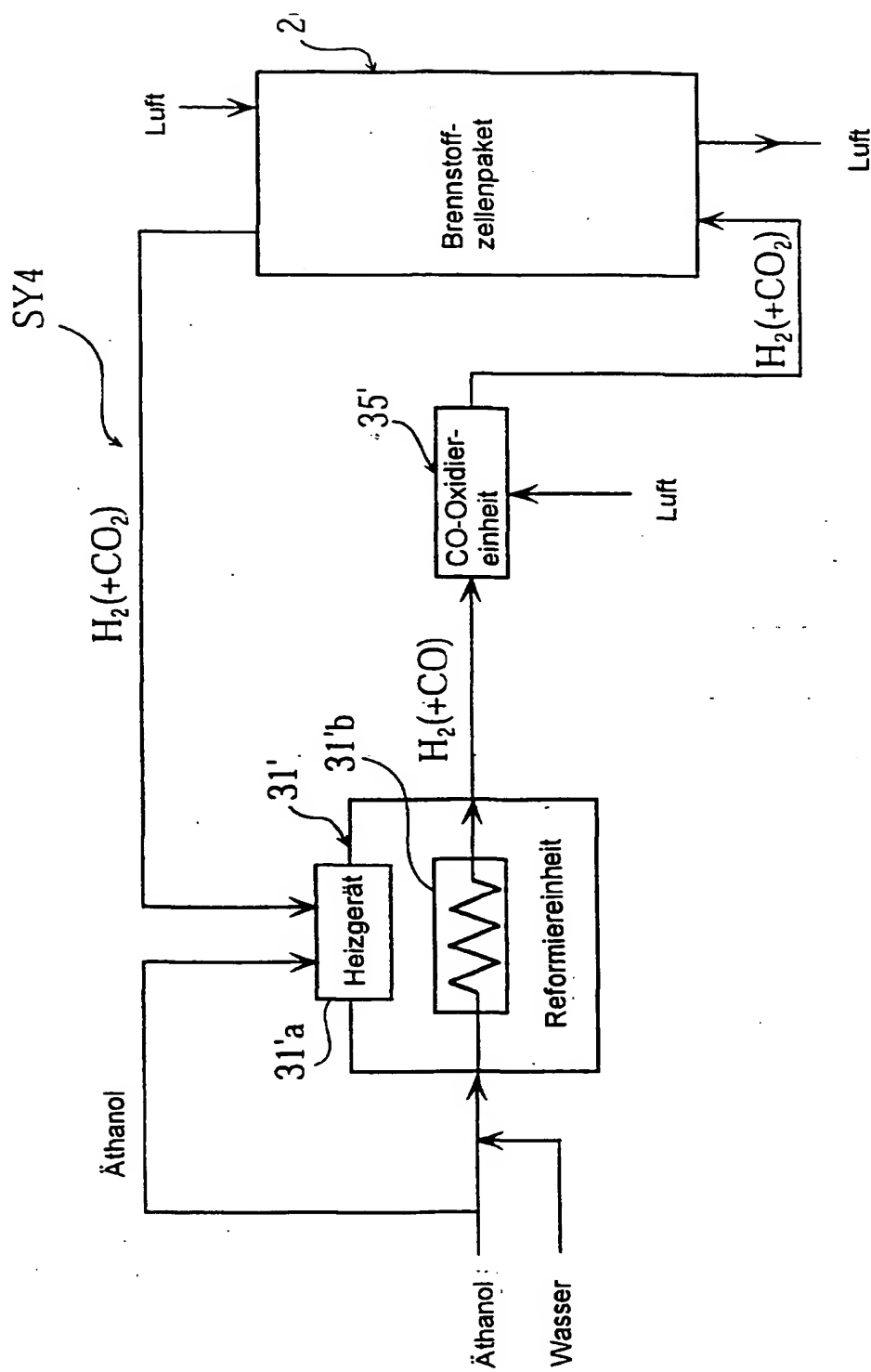


FIG.13

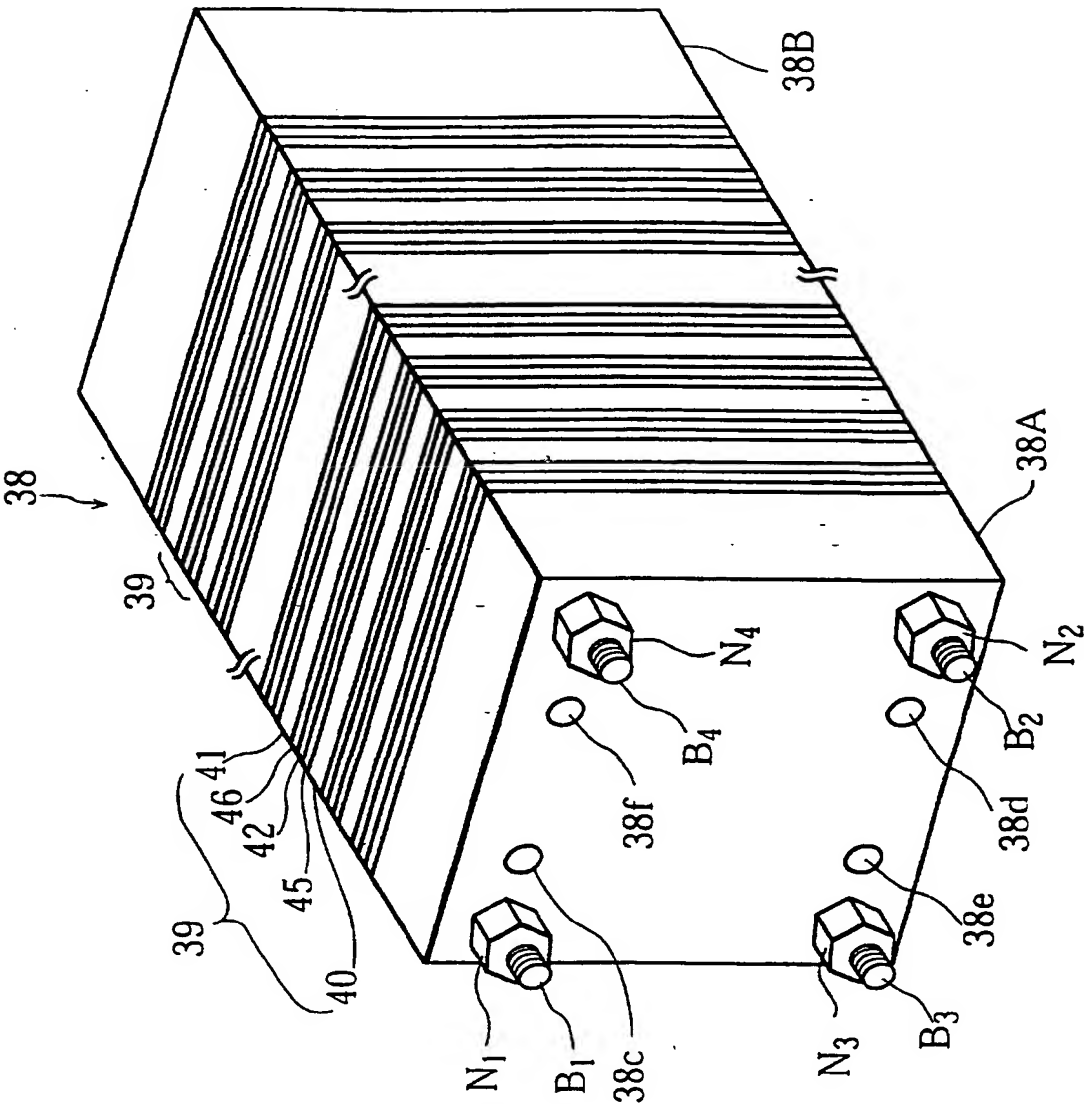


FIG.14

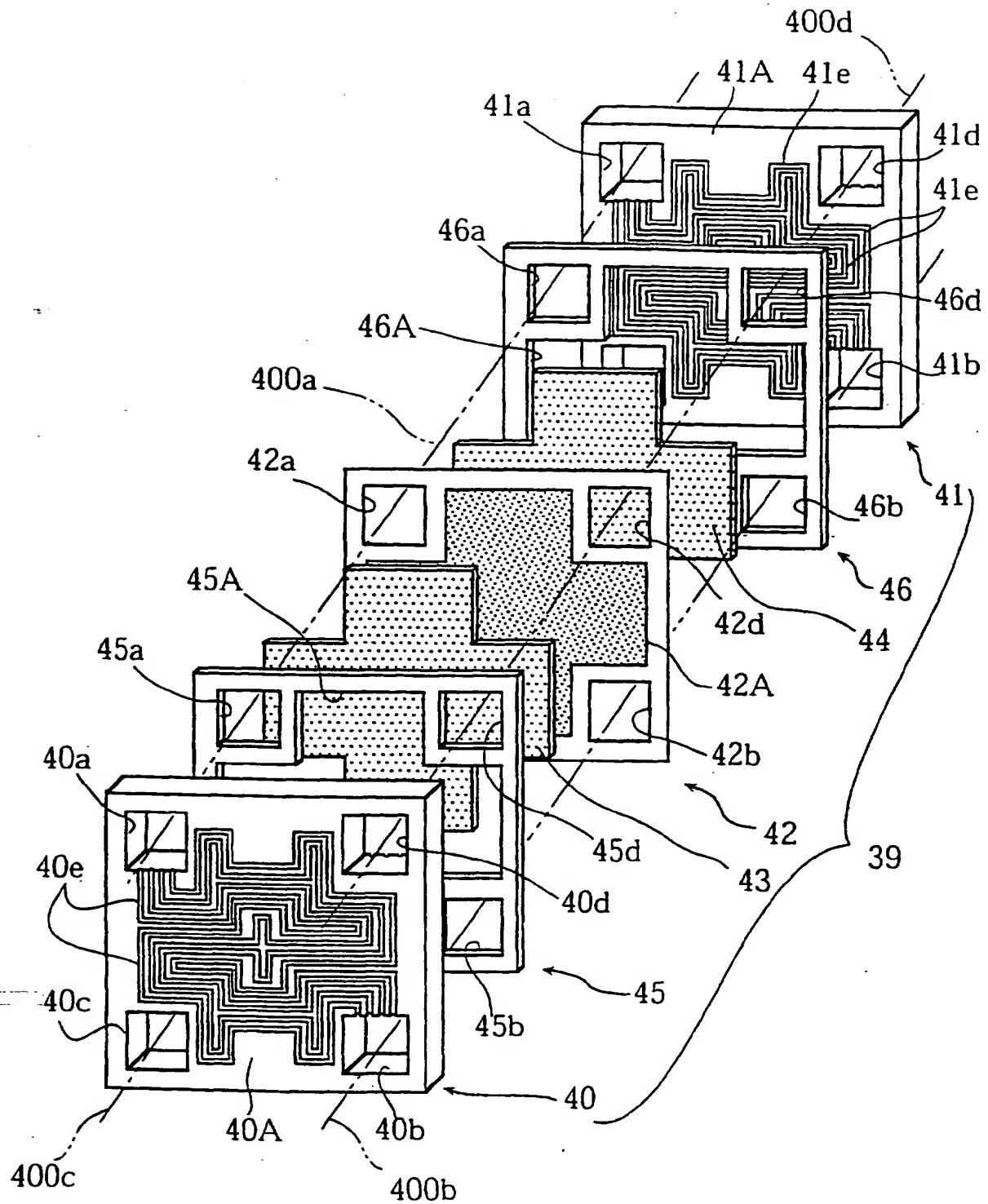


FIG.15

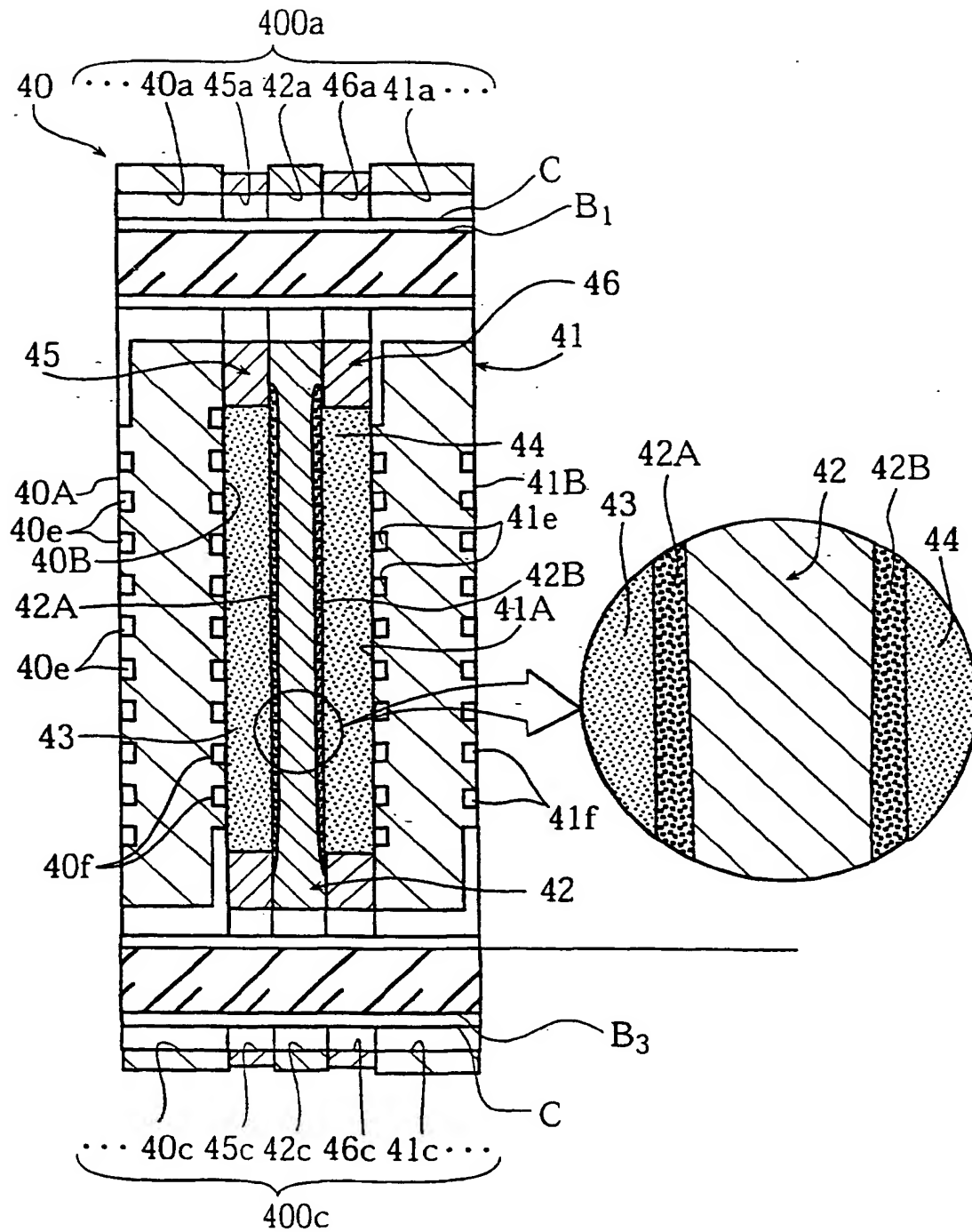


FIG.16

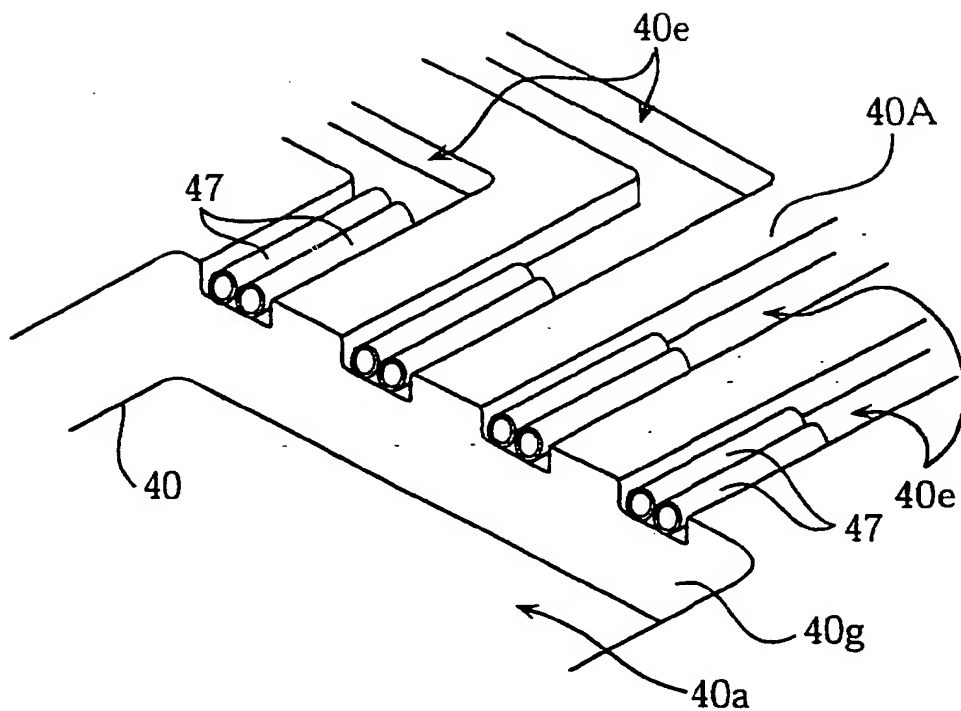


FIG.17

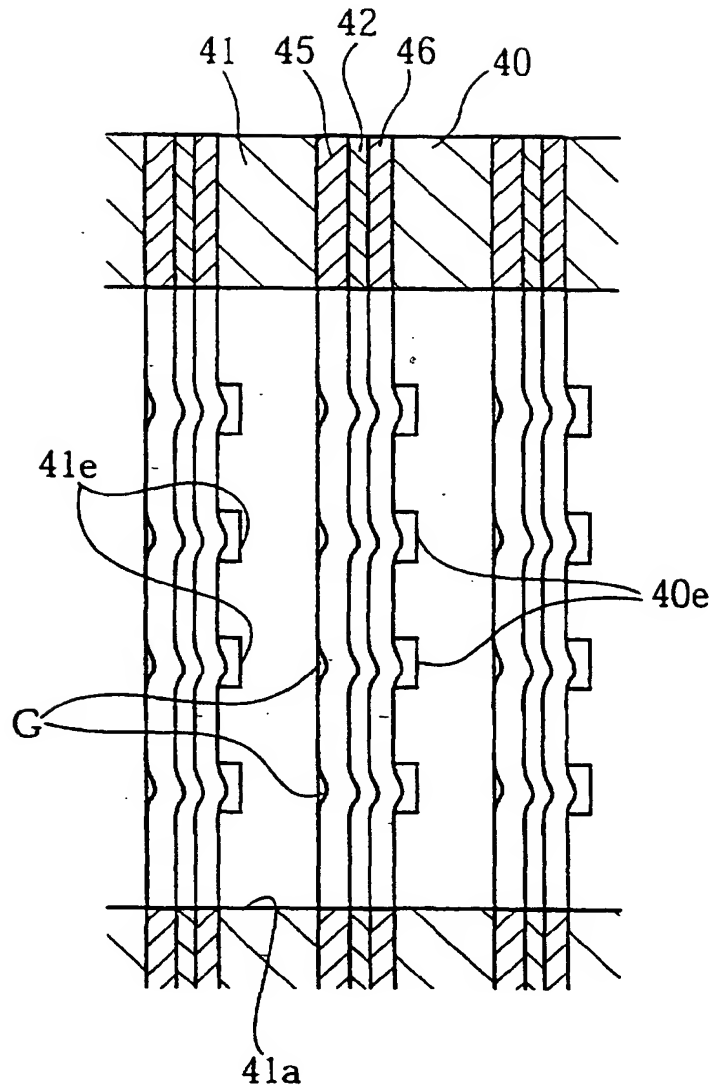


FIG.18

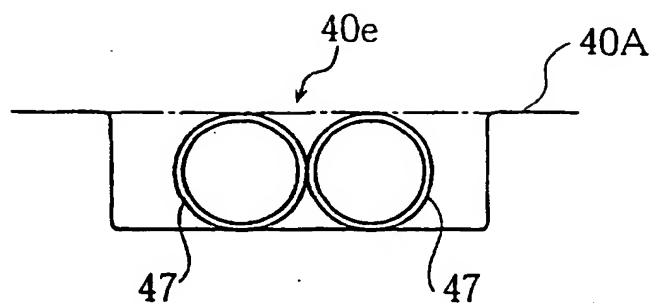


FIG.19

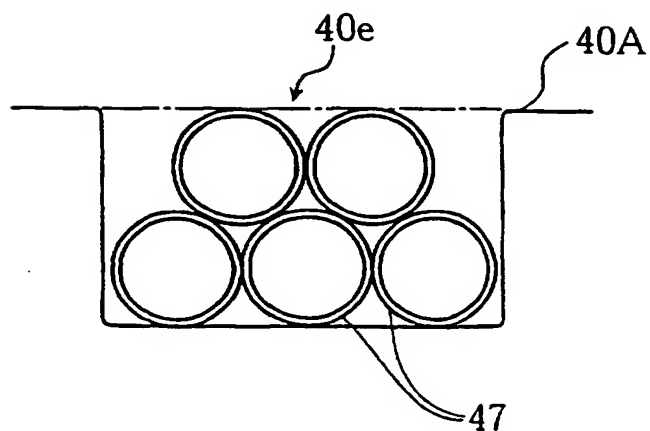


FIG.20

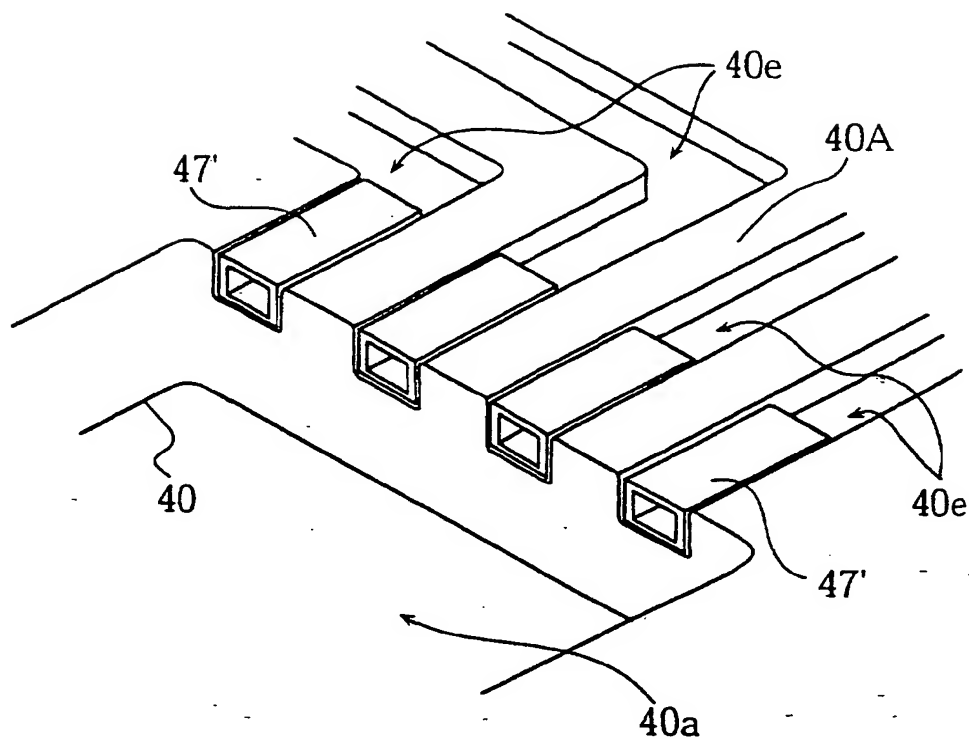


FIG.21

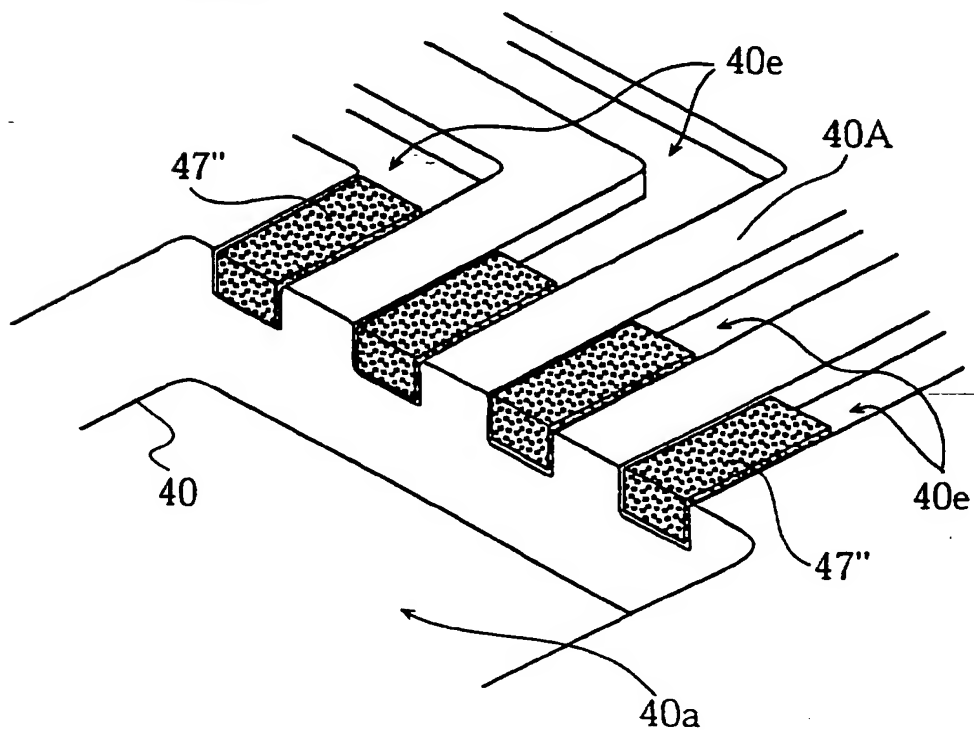


FIG.22

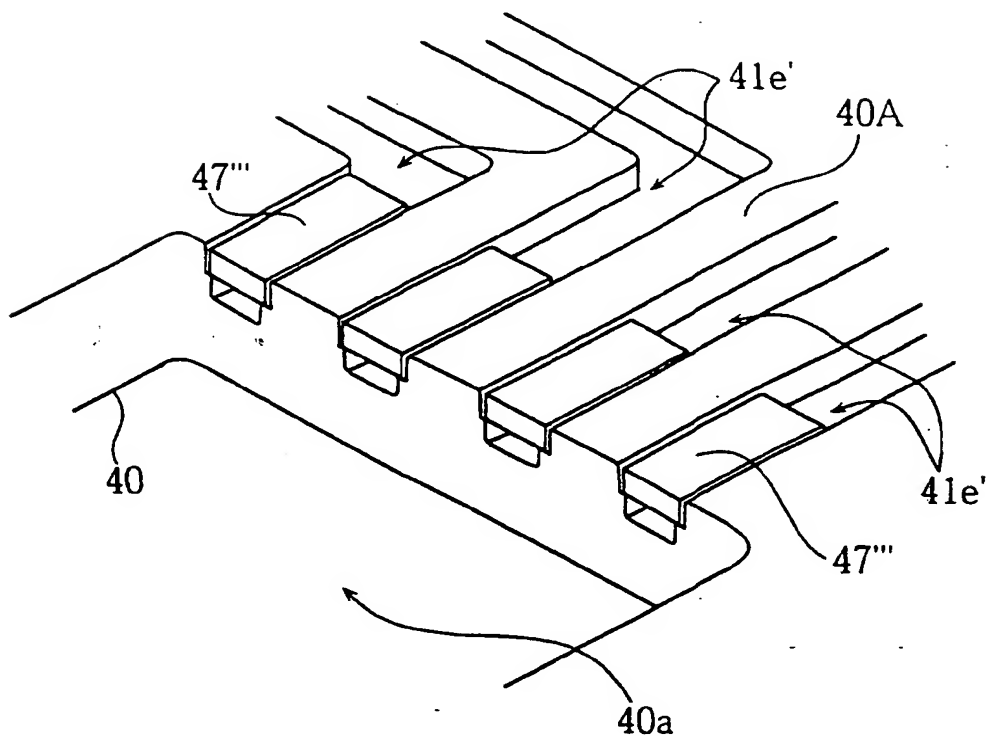


FIG.23

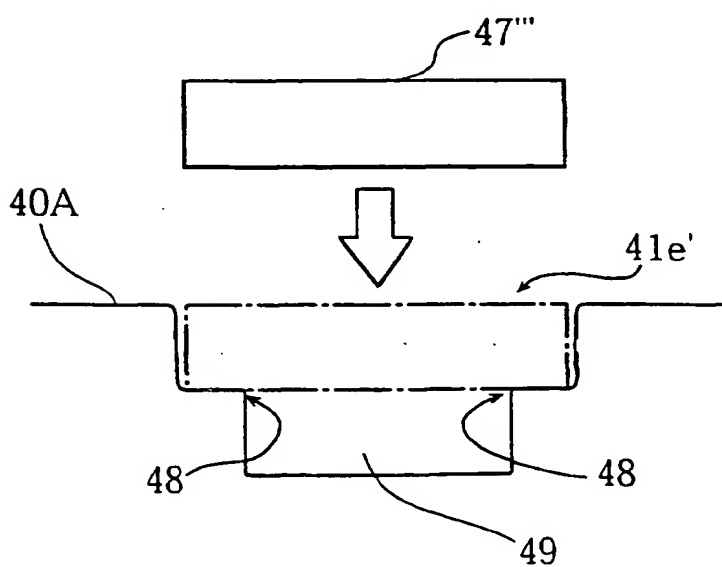


FIG.24

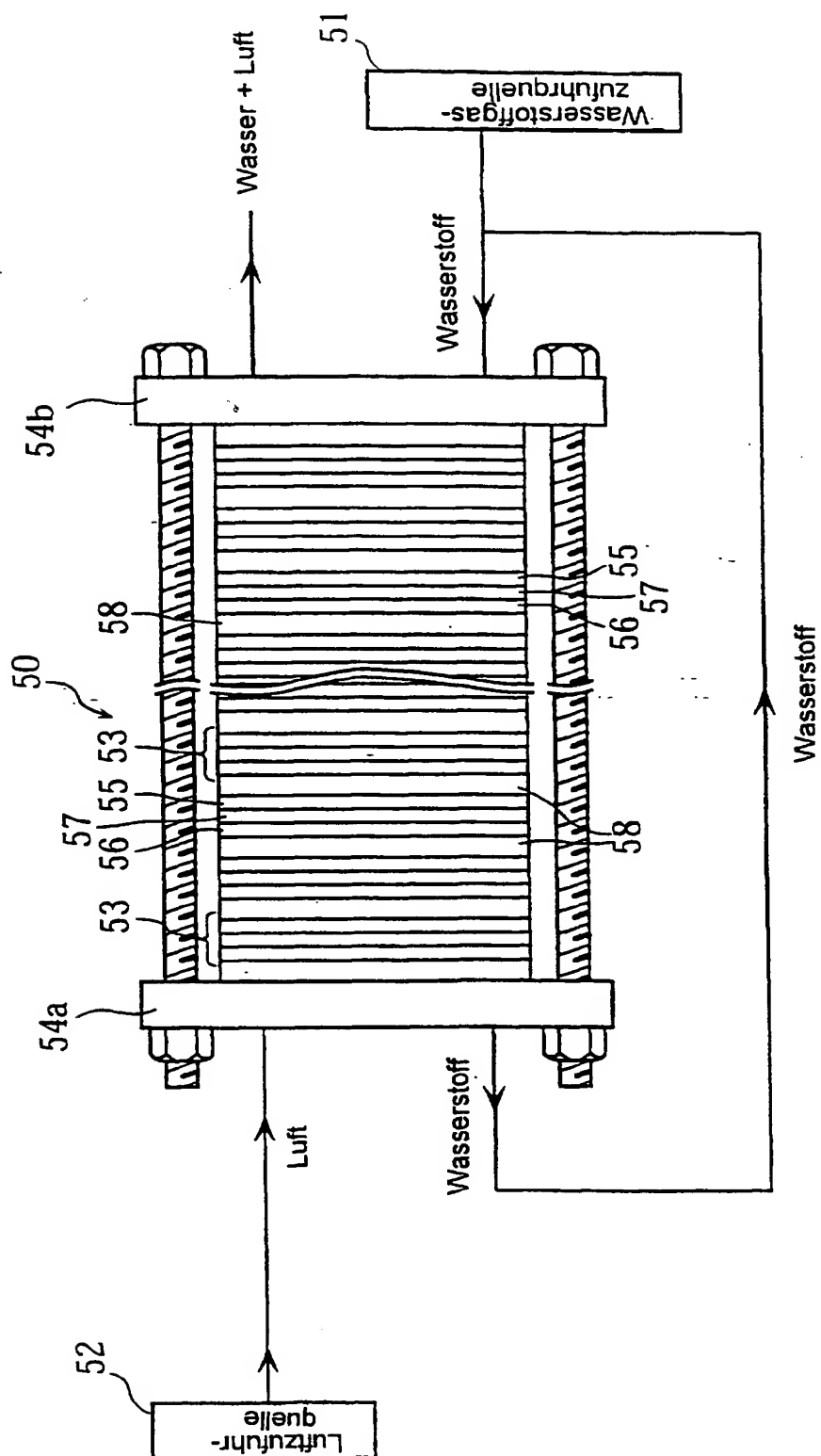


FIG.25

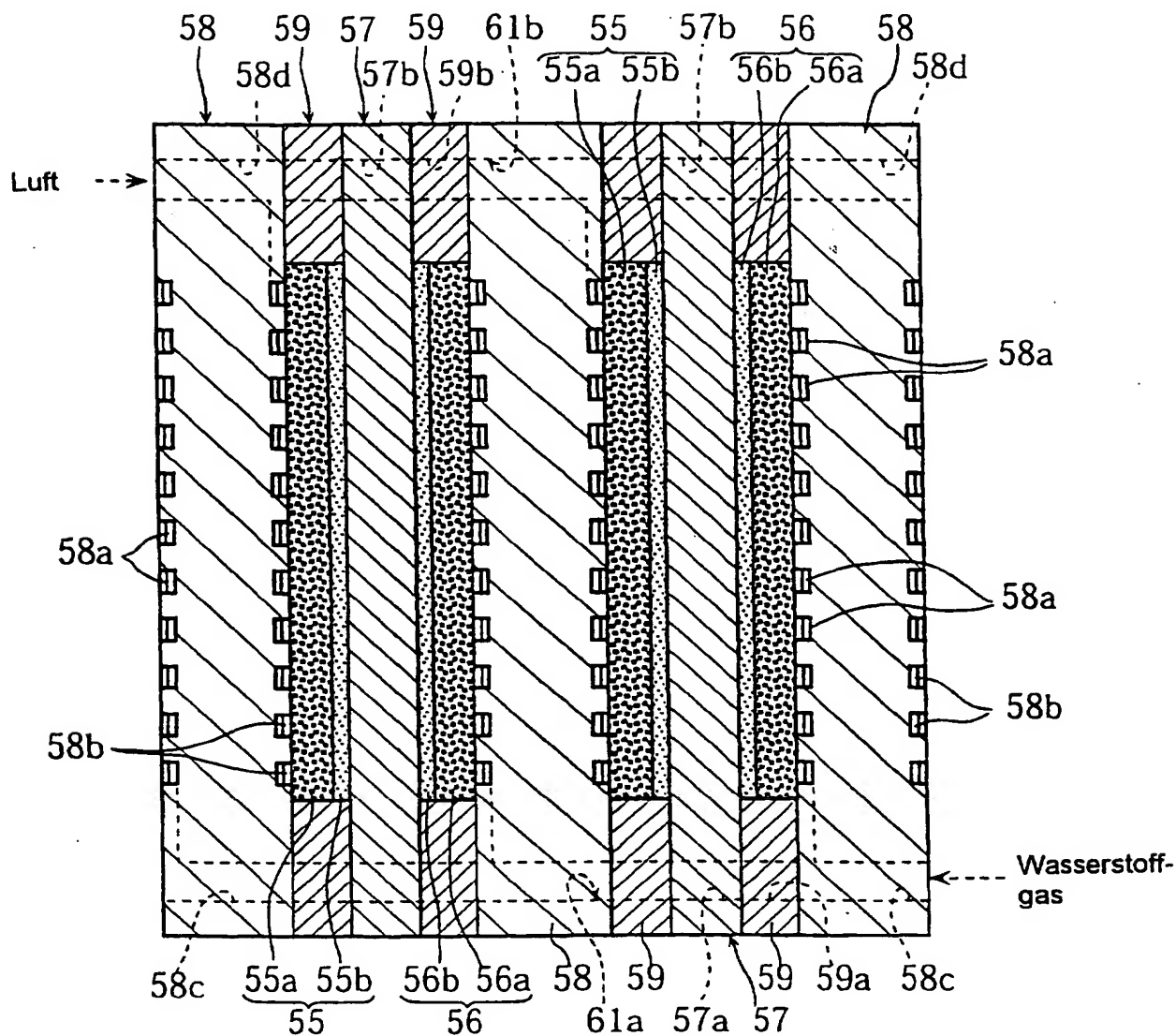


FIG.26

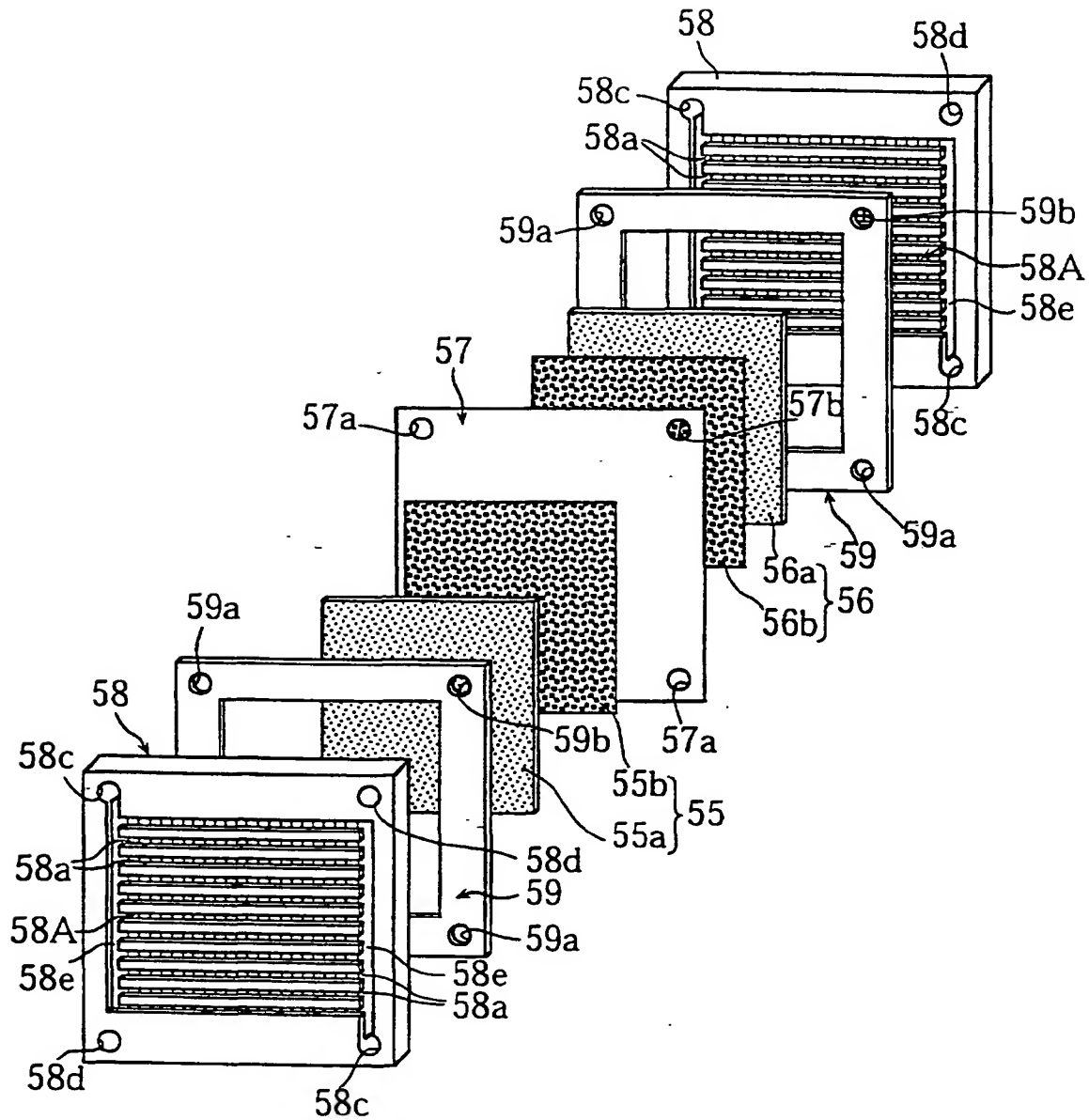


FIG. 27

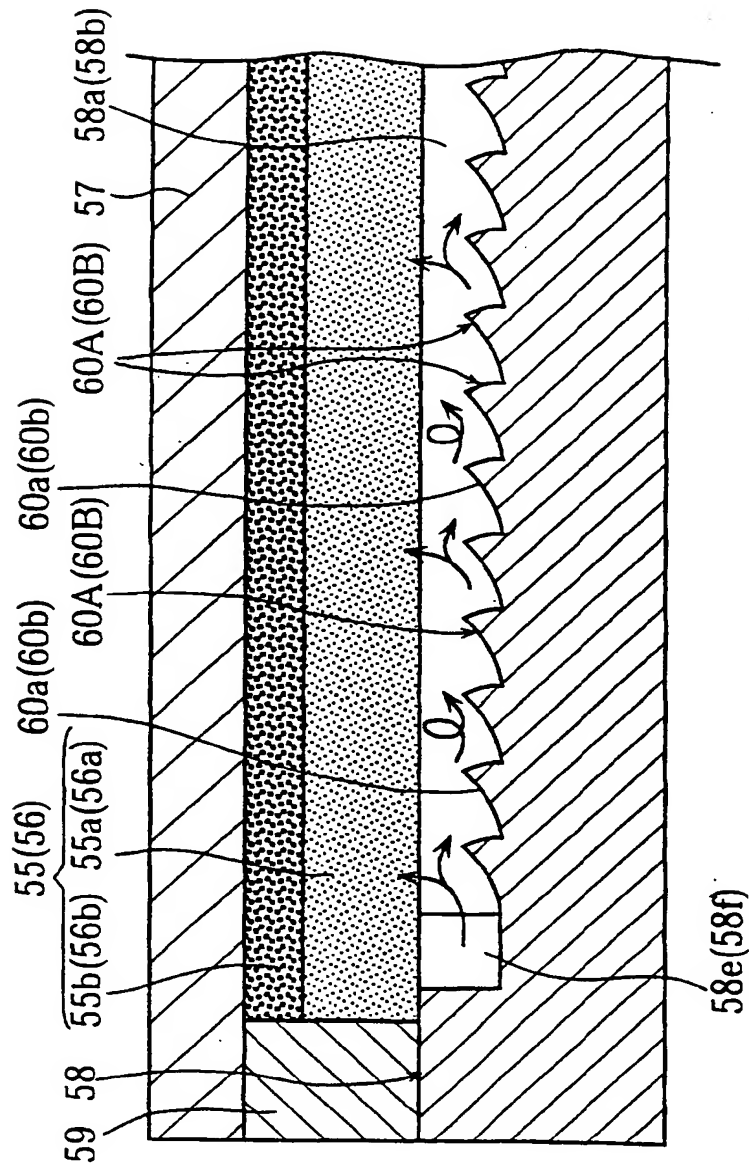


FIG.28

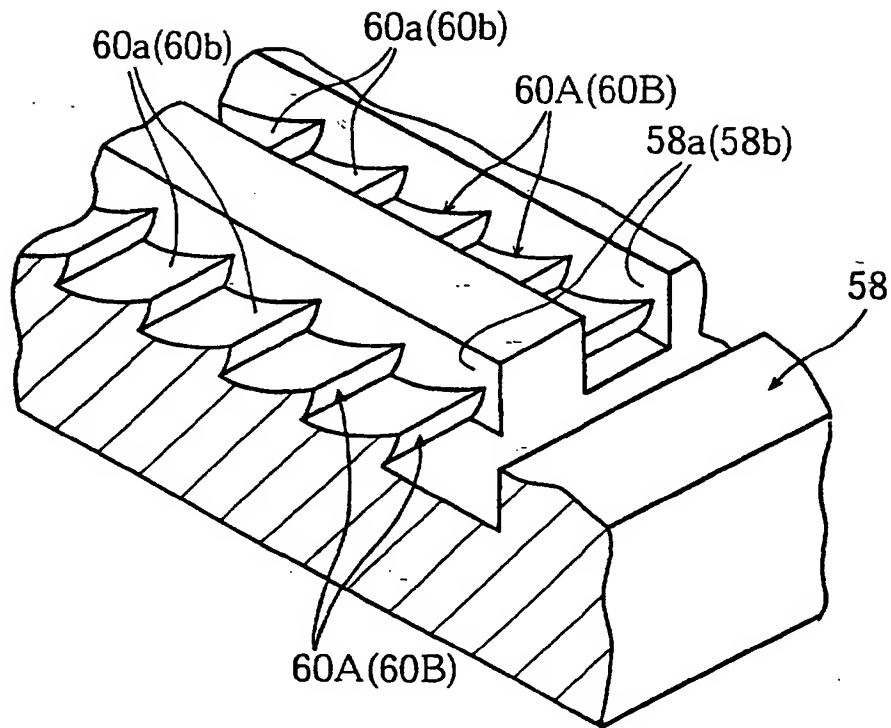


FIG.29

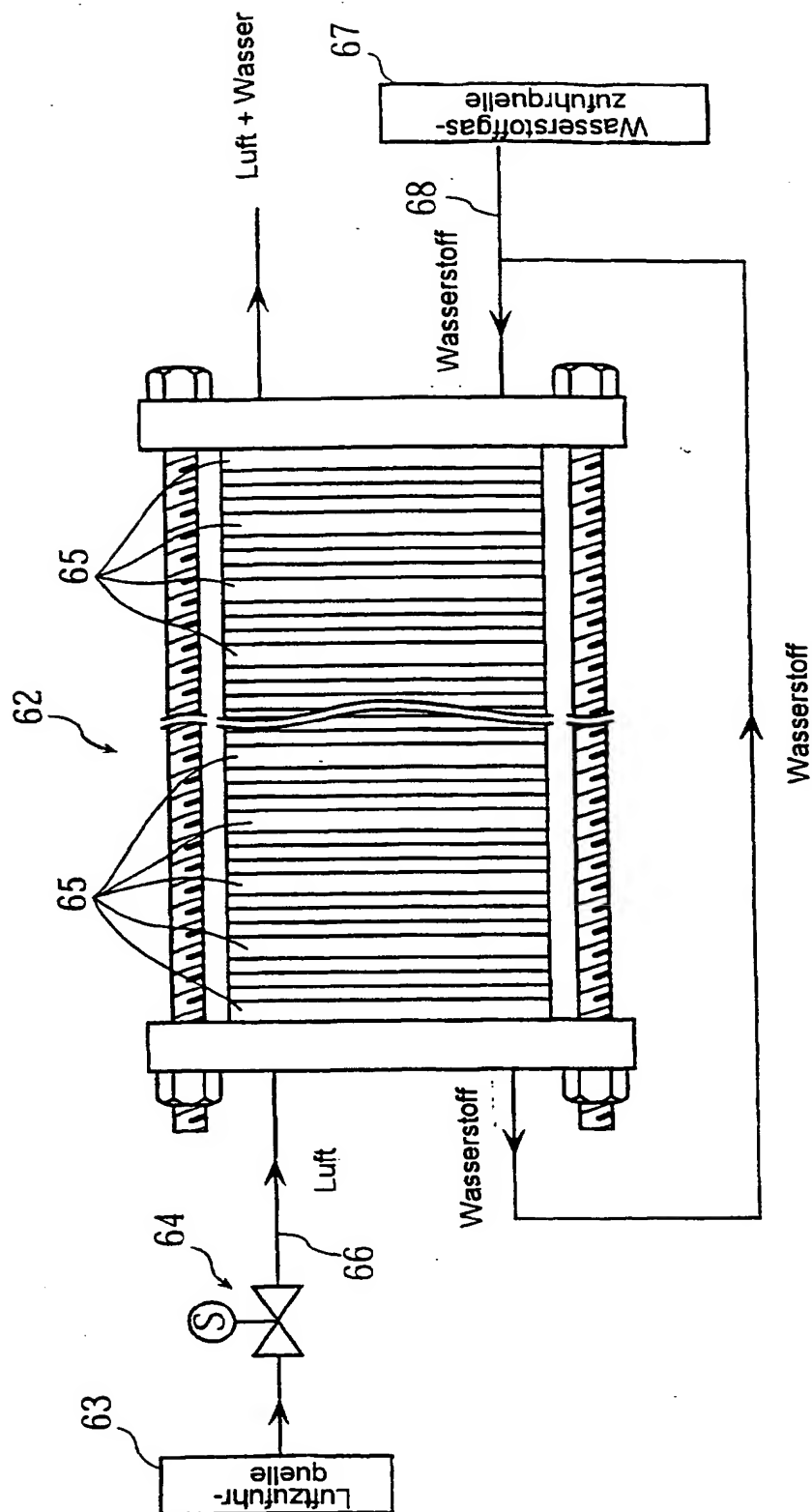


FIG.30

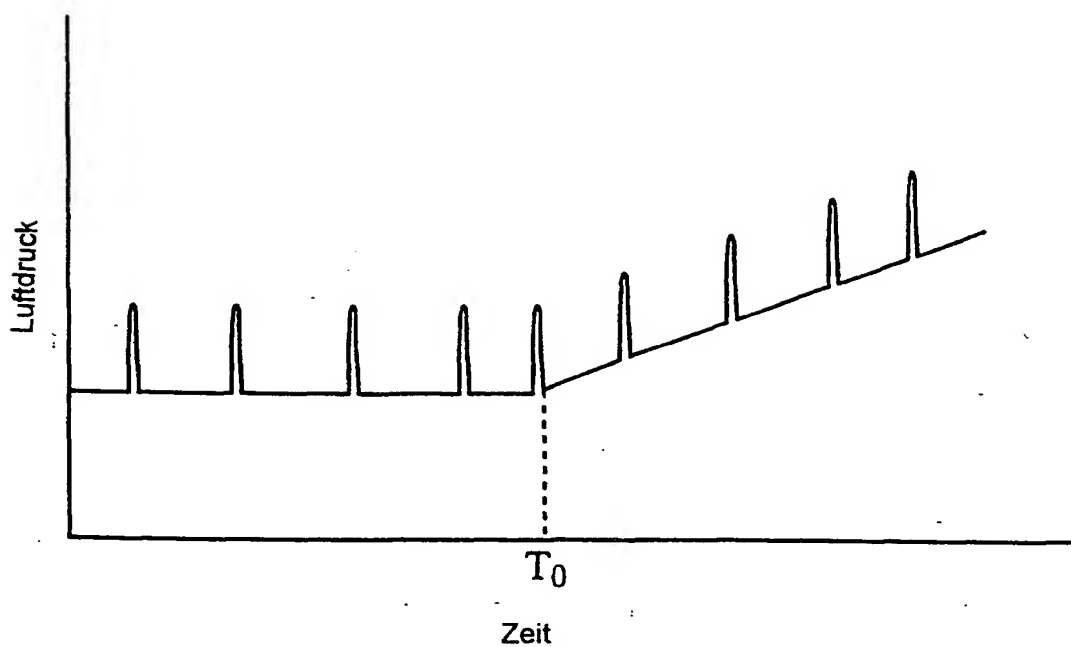


FIG.31

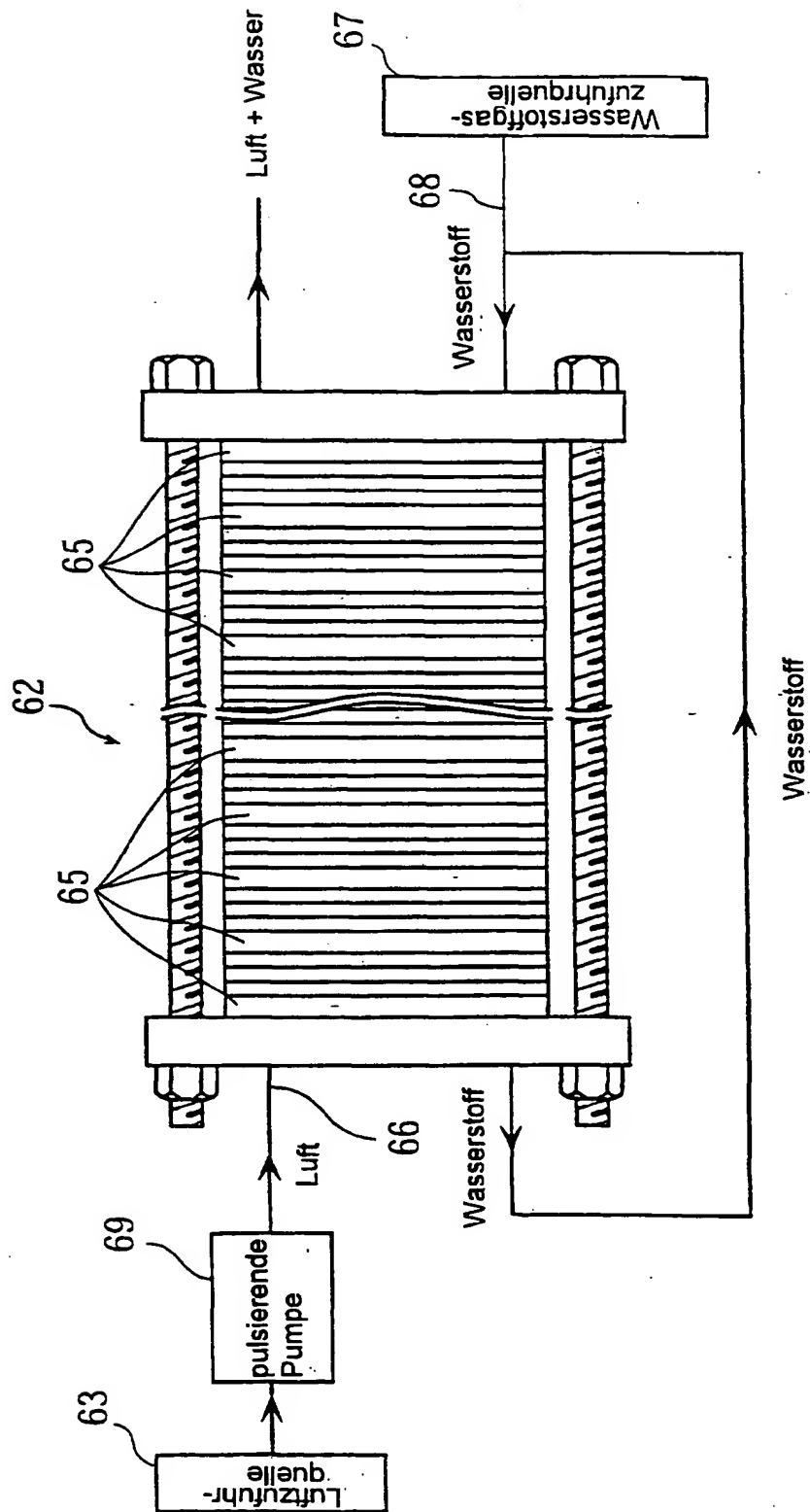


FIG.32

